

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## ŘEŠENÍ TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ KULOVÝCH ČEPŮ V PODMÍNKÁCH FIRMY TRW.

SOLUTION OF TECHNOLOGY OF CUTTING KNUCKLE BOLT IN CONDITIONS OF  
COMPANY TRW.

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

MARTIN TICHÁNEK

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. KAREL OSIČKA

BRNO 2008

## ABSTRAKT

Obsahem je zefektivnění obráběcího procesu. Rozbor stávajícího stavu obrábění kulového čepu. Volba alternativ břitových destiček a utvařečů třísky. Vyhodnocení utváření třísky. Změna dráhy dokončovací břitové destičky. Časové ztráty při obrábění čepů.

### Klíčová slova

Kulové čepy, CNC program, vyměnitelné břitové destičky, tříska.

## ABSTRACT

The Thesis deals with the increase in efficiency of the cutting process. The current state analysis of the knuckle bolt cutting. The choice of the alternatives of the cutting tips and the iron chip former. The evaluation of the iron chip forming. The change of the path of the finishing cutting tip. Time loss when cutting bolts.

### Key words

Knuckle Bolts, CNC programme, exchengable cutting tips, iron chip.

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TICHÁNEK, Martin. *Řešení technologie obrábění kulových čepů v podmínkách firmy TRW: Diplomová práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 71 s, 4 přílohy. Vedoucí práce Ing. Karel Osička.

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Řešení technologie obrábění kulových čepů v podmínkách firmy TRW* vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně dne

.....  
Martin Tichánek

**Poděkování**

Děkuji tímto vedoucímu diplomové práce panu Ing. Karlu Osičkovi, dále pak firmě TRW – DAS a.s. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

**OBSAH**

Abstrakt.....	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah.....	7
Úvod.....	8
1 Firma TRW.....	9
1.1 Představení společnosti.....	9
1.2 Historie TRW – DAS a.s.....	10
1.3 Výroba.....	11
1.4 Představení součásti.....	12
1.4.1 Materiál součásti.....	12
1.4.2 Mechanické vlastnosti polotovaru.....	13
1.4.3 Oceli třídy 14 všeobecně.....	14
1.5 Představení stroje.....	15
2 Stávající stav obrábění.....	16
2.1 Pracovní prostor.....	17
2.2 Ionitox.....	18
2.3 Představení VBD.....	19
2.4 Povlakovaný slinutý karbid TP1000.....	21
2.4.1 Břitové destičky TP1000.....	22
2.5 Stávající stav obrábění z hlediska produktivity práce.....	23
2.6 Stávající stav obrábění z hlediska jakosti součásti.....	23
2.7 Stávající stav obrábění z hlediska tvaru třísky.....	24
2.8 Rozvržení přídavků.....	26
2.8.1 Válcová plocha dříku.....	27
2.8.2 Válcová plocha pod hlavou čepu.....	29
2.9 Obrobitelnost polotovaru.....	30
3 Vyhodnocení opotřebení břitové destičky.....	32
3.1 Obrábění suché/ mokré/ mlhové.....	37
4 Návrh nového řešení obrábění-stabilita procesu.....	39

5	Porovnání VBD od různých dodavatelů.....	43
5.1	VBD firmy Seco Tools typ DNMG150612 – MF2 TP2500.....	44
5.2	VBD firmy Walter typ DNMG150608 – NM4 WPP10.....	47
5.3	VBD firmy Sandvik Coromant typ DNMG150612 – MF4215.....	49
5.4	VBD firmy Iscar typ DNMG150612 – PF IC9015.....	50
5.5	Grafy počtu zanechání třísky : stávající a navržené VBD.....	52
5.6	Optimalizace řezných podmínek.....	53
5.7	Pozorování opotřebení bříty nově navržené VBD.....	54
5.8	Chemický rozbor čepů.....	57
6	Změna CNC programu.....	58
7	Technicko-ekonomické hodnocení se zaměřením na ztráty vedlejších časů.....	61
7.1	Výpočet časové ztráty při výměně opotřebované VBD.....	63
	Závěr.....	65
	Seznam použitých zdrojů.....	66
	Seznam použitých zkratk a symbolů.....	69
	Seznam příloh.....	71

## ÚVOD

Jestliže se podíváme do minulosti, zjistíme, že zavádění nových metod obrábění se začalo uskutečňovat v leteckém a *automobilovém průmyslu*. Již koncem 40. let minulého století vznikla úplně nová koncepce obrábění. Ta spočívala v použití děrných štítků, které daly kořeny k zrodu NC řízení. (35)

Průmyslové podniky celého světa dnes využívají při výrobě strojních součástí CNC stroje, které jsou řízeny příslušnými řídicími systémy. Problematika a vývoj obráběcích procesů je úzce spojen s použitím různorodých materiálů. Tyto materiály jsou podřízeny různým metodám obrábění, s nimiž lze docílit požadovaných parametrů (rozměrových, tvarových, jakosti obrobených ploch, aj.). Největší podíl tvoří soustružení, frézování a vrtání. Základ k úspěchu spočívá v nalezení vhodné kombinace řezného materiálu, materiálu obrobku, řezných podmínkách a řezného prostředí.

Firmy zabývající se výrobou řezných materiálu tvoří v současné době prosperující odvětví. Každá firma si své technologie a výrobní postupy chrání v důsledku rozsáhlé konkurence. Znalost v oblasti řezných materiálů, obráběných materiálů a příslušných metod obrábění dávají, nejen v automobilovém průmyslu, podnět k dokonalému zvládnutí konkrétního problému. Současný stav třískového obrábění a perspektivní směry rozvoje ukazují, že obrábění zůstává a zůstane ve strojírenské výrobě základní technologickou profesí, kterou je nutné neustále zdokonalovat.

V této práci se budu zabývat tvorbou třísky, v závislosti na různých řezných materiálech od renomovaných výrobců, na CNC soustruhu ve firmě TRW DAS. Právě firmy zabývající se zpracováním výrobků spadající do automobilového průmyslu jsou vystaveny tlaku neustálého zefektivňování výroby.

Zpracovaná studie se snaží zachytit jen jeden z mnoha strojírenských problémů, které se v tomto oboru vyskytují.

## 1 FIRMA TRW AUTOMOTIVE

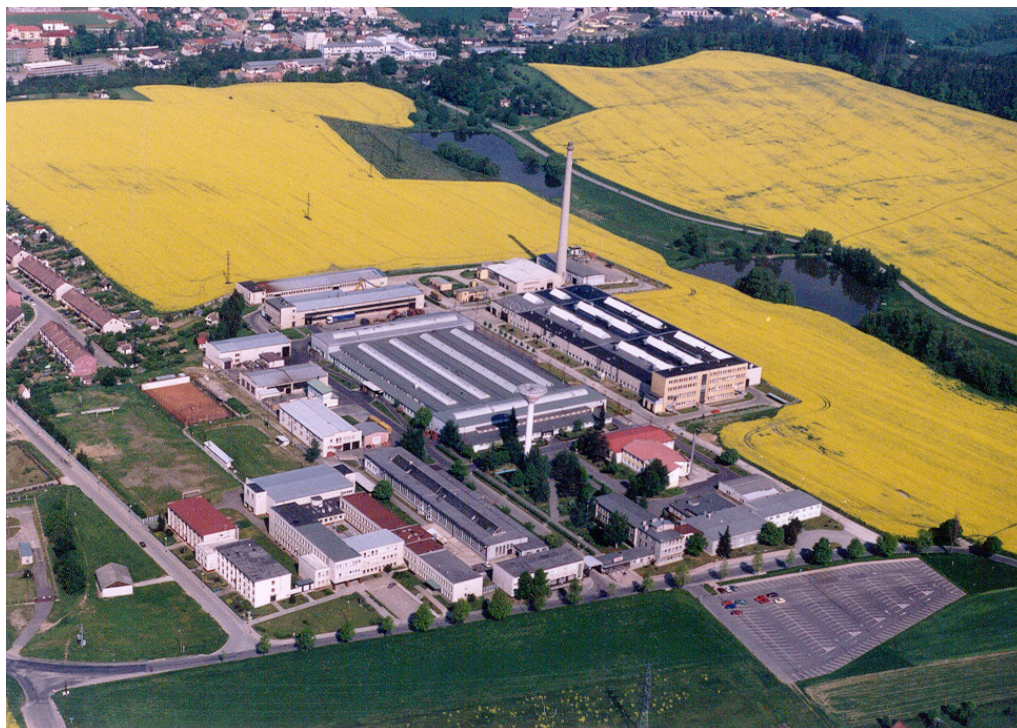
### 1.1 Představení společnosti

TRW Automotive je společnost působící v oblasti automobilového průmyslu. Sídlo společnosti je v Livonii, Michigan v USA.

V současné době zaměstnává cca 64.000 zaměstnanců v cca 200 závodech v 26 zemích světa.

TRW Automotive je světovým lídrem v dodávkách bezpečnostních systémů vyrábějící pokrokové aktivní bezpečnostní systémy v oblasti brzd, řízení a závěsných systémů a dokonalé systémy pasivní bezpečnosti jako jsou airbagy, bezpečnostní pásy a volanty. Dále se TRW zabývá výrobou součástek pro motory.

Závod Řízení TRW – DAS a.s. spadá do skupiny Braking & Suspension Europe se sídlem v Koblenzi. V České republice je celkově 7 závodů TRW Automotive, zaměstnávajících okolo 5000 pracovníků. (27)



Obr. 1.1 Pohled na firmu TRW – DAS (27)



## 1.2 Historie TRW – DAS

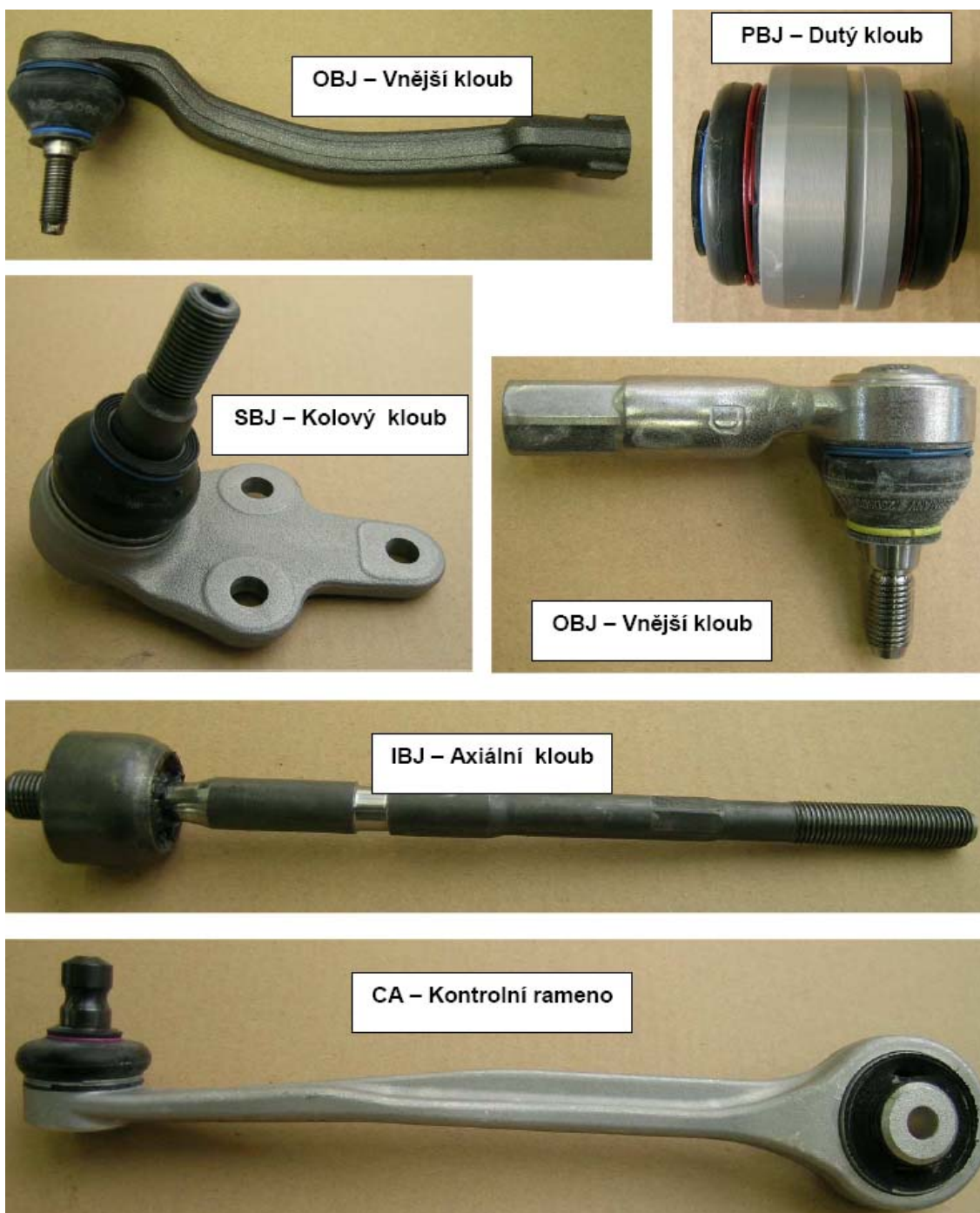
V roce 1960 firma OZAP založila nový závod v Dačicích. Začala výstavba prvních budov. Výroba byla zahájena v roce 1961. V roce 1965 převzala závod firma SVA, která dala podnět k výrobě komponentů pro automobilový průmysl. (26)

Tab. 1.1 Přehled historických událostí (26)

Rok	Událost
1969	Řízení Š 100, Š 110 pro Škodu Mladá Boleslav.
1972	Manuální řízení Gemer pro Avii.
1973	Fúze SVA s firmou Praga.
1981	Hřebenové řízení pro Škodu.
1987	Motorové ventily. Dačický závod se stává součástí koncernu Avia.
1988	Sloupky volantů pro Škodu.
1990	Samostatný státní podnik DAS.
1993	Vznikla akciová společnost TRW – DAS. TRW Inc. Získává 92% akcií. Kolové klouby pro Škodu.
1994	Transfer vodících tyčí z FWS.
1995	Transfer dutých kloubů z FWS. Certifikace ISO 9002.
1996	Konečná montáž posilovaného řízení pro Škodu Felicia.
1997	Nový sloupek volantu pro Daewoo Avia.
1998	Vnější klouby Fiat Punto. Certifikace ISO 9001, VDA 6.1, QS 9000.
1999	Manuální řízení pro VW 119/PQ 24, elektricko hydraulické řízení pro PQ 24, duté klouby pro PSA. Transfer axiálních a krajových kloubů z Livorna
2000	Vodící tyče DaimlerChrysler – nová generace. Výroba sloupku AD 100 pro Avii. Certifikace ISO 14001. Zahájení výroby Fiat 192.
2002	Založení "Test & Validation Center".
2003	Certifikace ISO TS 16949:2002.
2005	Odkup akcií, TRW je 100%-ním vlastníkem TRW – DAS.
2006	Výstavba TSCD.

### 1.3 Výroba

V závodě TRW – DAS a.s. Dačice je zaměstnáno okolo 1000 pracovníků, podílejících se na výzkumu a výrobě součástí systému zavěšení kol, řízení, sacích a výfukových ventilů automobilů. (26)



Obr. 1.2 Vyráběné komponenty (27)

## 1.4 Představení součásti

Čep SBJ Audi B8



Obr. 1.5 Hotový výrobek



Obr. 1.4 Polotovár

### 1.4.1 Materiál součásti

Pro tento typ součástky je navržena ocel 41CrS4+QT. Jedná se o nízko-legovanou ušlechtilou chromovou ocel k zušlechťování. Označení oceli podle ČSN 41 4140.

Použití: Středně namáhané strojní díly. Po zakalení dosahuje tvrdosti (51 až 57) HRC. V zušlechťeném stavu se vyznačuje dobrou odolností proti opotřebení a vyšší prokalitelností. Při pomalém ochlazování z teploty popouštění je náchylná k popouštěcí křehkosti. Proto se doporučuje z popouštěcí teploty ochlazovat v oleji nebo ve vodě. (3)

Použitá technologie pro výrobu polotovaru je dopředné protlačování. Do závodu TRW přichází polotovary z jiného výrobního závodu a tyto polotovary jsou již tepelně zpracovány. Vhodnost technologie dopředného protlačování bude řešena z hlediska rozložení přídavek na str. 27 (kap. 2.6 Rozvržení přídavek).

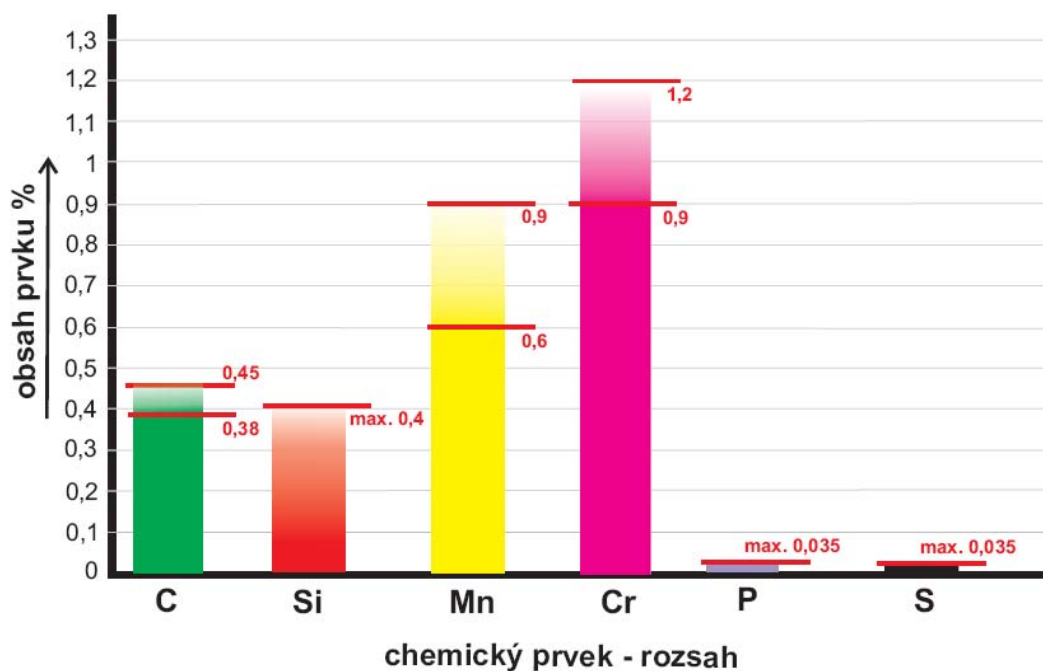
#### 1.4.2 Mechanické vlastnosti polotovaru a chemické složení

Tab. 1.2 Mechanické vlastnosti polotovaru (2,3)

	Označení oceli	Re [MPa]	Rm [Mpa]	A [%]	Z [%]	KV [J]
ČSN	41 4140	660	1000	12	35	35
DIN EN 10083	41 Cr S 4	min 660	900-1100	min12	min 35	min 35

Tab. 1.3 Tepelné zpracování polotovaru (2)

	Označe- ní oceli	Kalení [°C]	Kalící prostředí	Popouštění [°C]	Čelní zk. proka- litelnosti
ČSN	41 4140	820-860	olej,voda	540-680	850 ± 5
DIN EN 10083	41 Cr S 4	820-860	olej,voda	540-680	850 ± 5



Obr. 1.5 Chemické složení dané materiálovými listy (17)

Tab. 1.4 Obsah jednotlivých prvků v podle normy DIN EN 10083 (2)

C [%]	Si [%]	Mn [%]	Cr [%]	P [%]	S [%]
0,42	0,25	0,70	1,05	---	0,020 - 0,035

### 1.4.3 Oceli třídy 14 všeobecně

Tyto oceli jsou legovány chromem, popř. chromem a manganem či křemíkem a hliníkem. Jsou to nejvíce používané slitinové oceli, které umožňují dosáhnout velmi dobrých vlastností bez použití nedostatkových prvků. Obvykle se cementují, zušlechťují, kalí, některé jsou určeny k nitridování. Chromové oceli jsou vhodným materiálem na součásti kuličkových a válečkových ložisek. Na tyto oceli je kladen velký požadavek, týkající se čistoty materiálu. Sleduje se hlavně velikost a tvar nekovových vměstků, zejména sirníků a oxidů, hlavně  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Oceli třídy 14 jsou také vhodné na trvalé magnety v případech, kde nejsou kladeny vysoké požadavky. (1)

## 1.5 Představení stroje



Obr. 1.6 Obráběcí stroj

### Popis stroje

Výrobce: TOS KUŘIM

Jedná se o speciální jednoúčelový stroj, sloužící k soustružení dřívku kulového čepu s automatickým vkládáním a vyjímáním součástí.

Stroj je vybaven speciálním vřeteníkem s náhonem, křížovými suporty, podpěrným koníkem, kleštinovým upínačem a manipulačním zařízením.

Stroj dále obsahuje hydraulický agregát, mazání a pneumatickou instalaci.

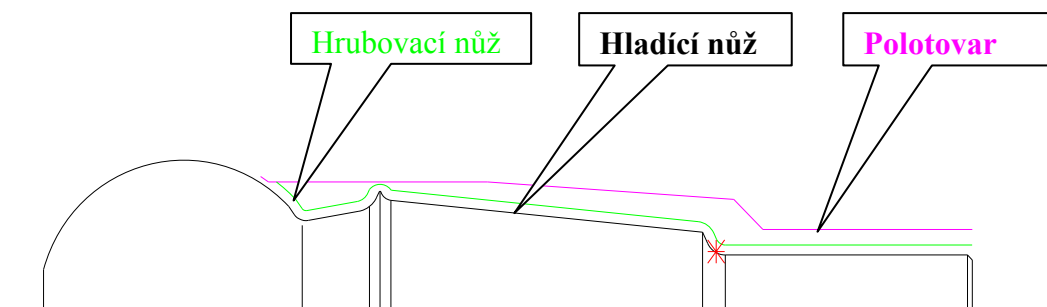
Ochranné krytování zajišťuje bezpečný a ekologický provoz celého stroje.

Kompletní elektro je osazeno řídicím systémem SIEMENS SINUMERIK 840D.

Strojní část tvoří jeden kompaktní, přenosný celek. (13)

Doprava třísek	- přes propady a skluzy do nádoby na třísky
Chlazení nástrojů	- vzduchem
Výměna nástrojů	- ručně

## 2 STÁVAJÍCÍ STAV OBRÁBĚNÍ



Obr. 2.1 Schéma pohybu soustružnických nožů

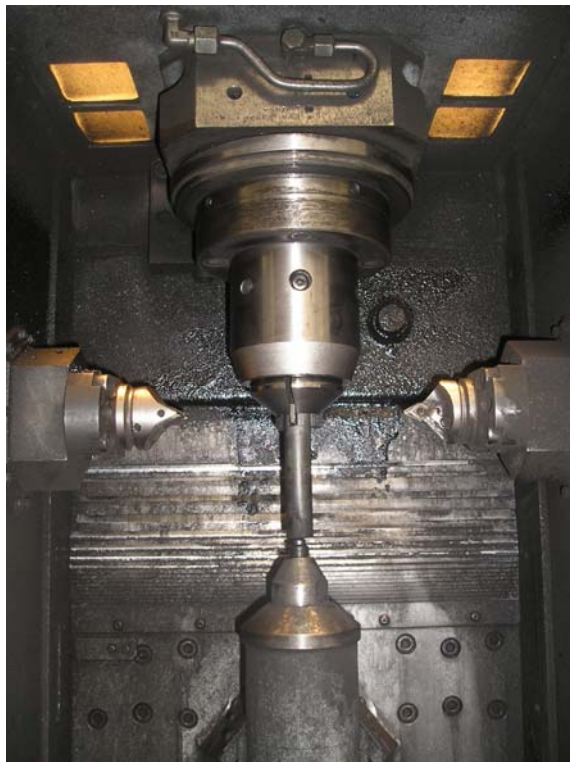
Jelikož je stroj vybaven dvěma nezávisle řízenými suporty, je proces obrábění rozdělen na hrubovací a dokončovací řez. Oba řezy probíhají současně v různých časových posunech. Hrubovací nůž najíždí do materiálu jako první, po 1 sekundě za ním vyjíždí nůž dokončovací.

Čas, práce a dráhy obou nožů jsou korigovány, neboť při konečném výjezdu hrubovacího nože ze záběru je obráběná součást náhle odlehčena o pasivní sílu  $F_P$ , která by způsobila rýhu při dokončovacím řezu.

Proto je stanoveno, že při daném odlehčení musí být nůž dokončovací přesně v oblasti přechodu mezi válcovým dříkem a kuželovou plochou (zde není kladen veliký požadavek na drsnost povrchu). Místo je na obrázku znázorněno červeným bodem.



## 2.1 Pracovní prostor



Obr. 2.2 Pracovní prostor

Jak je zřejmé z obrázku, pracovní prostor je řešen ve vertikální poloze. Je tím usnadněn odvod třísek i celkový přístup k břitovým destičkám. Třísky padají kolem podpěrného koníku dolů, kde se o další přepravu stará dopravník, který dopraví třísky do připraveného kontejneru.

Vyměnitelné břitové destičky (dále jen VBD) lze měnit přímo v držáku upevněném na stroji, nebo lze vyjmout celá hlavice i s VBD.

Chlazení je v tomto případě navrženo stlačeným vzduchem. Uvnitř tělesa nástroje se nachází otvor, kterým se vzduch přivádí. Jako volba pro tuto variantu dala ekologická stránka procesu a s tím spojené ekonomické zatížení obráběcího procesu.

Technologický postup spočívá v současném obrobení dříku a kuželové části čepu najednou, následuje obrobení hlavy čepu na speciálním stroji. Jako následující operace je válcování závitu na válcovacím stroji ORT 18.



Poslední operací je povrchová úprava, která má označení ionitox. Kooperace probíhá v jiném závodě.

Upnutí součástky je řešeno pomocí kleštiny, která svírá neobrobenou hlavu čepu. Ze spodní části je čep podepřen podpěrným koníkem.

## 2.2 Ionitox

IONITOX proces byl vyvinut jako kombinace nitridačního plynu a plazmového procesu. Aktivně se tvoří povrchy s vysokou odolností proti korozi na uhlíkových ocelích. Plazmový proces aktivace je uskutečněn před oxidací. Stabilita koroze je dána kvůli husté kysličníkové vrstvě ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) tloušťky asi 2  $\mu\text{m}$ . Aktivace povrchu je vykonávána během nitro plazmy tím, že bombardují povrch součásti s dusíkem, vodíkem a ionty uhlíku. (24)



Obr. 2.3 Povrchová úprava (24)



Obr. 2.4 Struktura vrstev (24)

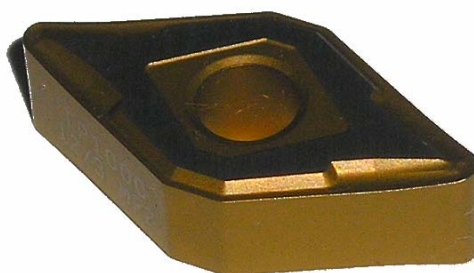
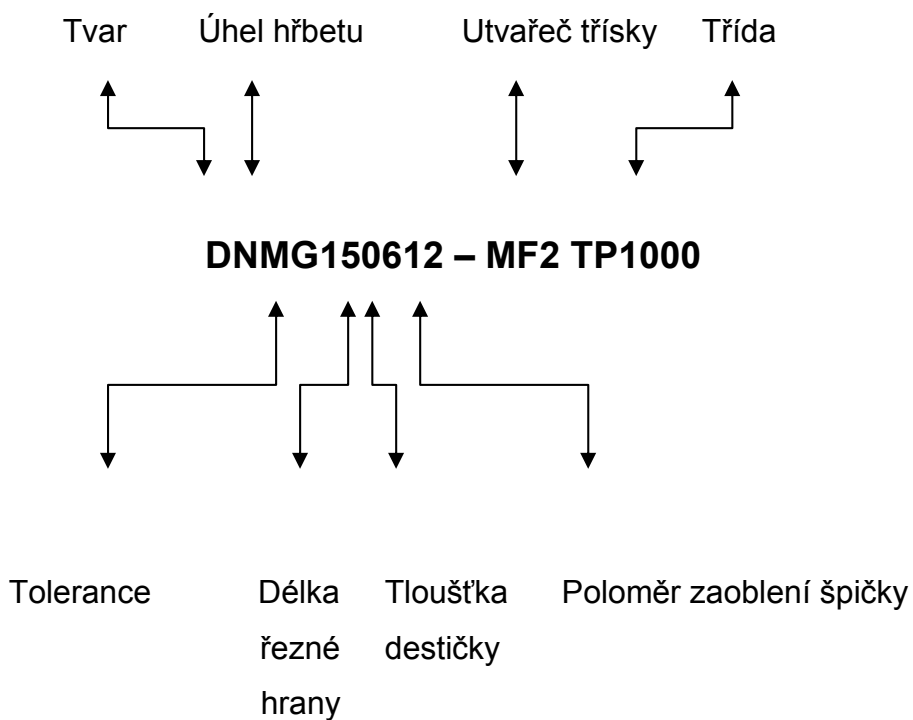
Pozitiva:

- použití pro ocel i litinu,
- výborná odolnost proti korozi,
- vynikající třecí charakteristiky,
- tvrdost povrchové vrstvy 800-1400 HV,
- zakázková procesová technologie,
- vysoká rozměrová přesnost,
- zlepšení drsnosti povrchu.

## 2.3 Představení VBD

Stávající VBD se používá od firmy Seco Tools CZ s.r.o. (16)

Typ :



Obr. 2.5 VBD od firmy Seco

Metoda povlakování

CVD

Povlak:

Ti (C, N) + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Ti (C,N) + TiN

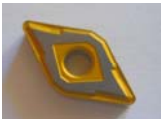
Utvařec třísky

MF2

Označení třídy břitové destičky:

TP 1000

Tab. 2.1 Použitelnost VBD (23)

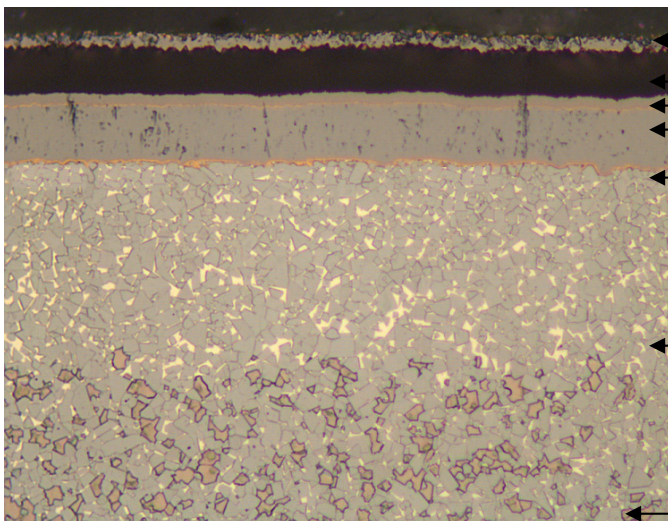
Operace	typ	$a_p$ (mm)	$f$ (mm)	označení	Litina	Ocel	Nerezová ocel
Dokončování		0,2-3,0	0,1-0,4	DNMG 150404-MF2 TP1000	•	•	
				150404-MF2 TP200			•
				DNMG 150408-MF2 TP1000	•	•	
				150404-MF2 TP200			•

Tab. 2.2 Řezné podmínky (23)

Použité řezné podmínky		Doporučené řezné podmínky	
$v_c$ [m.min <sup>-1</sup> ]	175 - 180	$v_c$ [m.min <sup>-1</sup> ]	245 - 285
$f_{hrub}$ [mm]	0,45	$f$ [mm]	0,4
$f_{čisto}$ [mm]	0,3		

Břítové destičky pro hrubovací i dokončovací řez jsou stejného typu. Bylo tak zvoleno na základě návržení této varianty dodavatelem břitových destiček. Navíc se tím ulehčil a zjednodušil celkový obráběcí proces. Z ekonomického hlediska je výhodnější obrábět na jednom stroji dvěma různými břitovými destičkami.

## 2.4 Povlakovaný slinutý karbid TP1000



Obr. 2.6 Struktura CVD povlaku (32)

Tvrdé jádro (WC + TiC + Co) pro odolnost proti plastické deformaci

Povrchová vrstva (WC + zvýšený podíl Co), tloušťka 25  $\mu\text{m}$ , pro větší houževnatost břitu

Tenká vrstva **TiN** ( $\sim 0.5 \mu\text{m}$ ) pro sledování opotřebení

**Ti(C,N)** ( $\sim 5-6 \mu\text{m}$ ) přilnavost a pevnost břitu

Tenká vrstva **TiN** ( $\sim 0.5 \mu\text{m}$ ) pro sledování opotřebení

**Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** ( $\sim 5-6 \mu\text{m}$ ) ochrana před vznikem výmolů a opotřebení hřbetu a tepelná bariéra

**Ti(C,N)** ( $\sim 2-3 \mu\text{m}$ ) ochrana před vznikem výmolů a opotřebení hřbetu


### 2.4.1 Břitové destičky TP1000

Břitové destičky řady TP1000 zastupují novou generaci ve vývoji slinutých karbidů. Byly vyvinuty pro soustružení oceli v oblasti P05 - P15 se zaměřením na dosažení vysoké produktivity a jsou vhodné pro dobře optimalizované aplikace v sériové výrobě. Nový stupňovitý substrát s velmi tvrdou vnitřní a velmi houževnatou povrchovou oblastí se vyznačuje výbornou odolností proti plastické deformaci potřebnou pro vysoké řezné rychlosti a vysokou pevností břitu a tím i spolehlivostí.

Nový povlak vyrobený metodou CVD/MTCVD lze charakterizovat vysokou odolností proti otěru a tvorbě výmolu na čele destičky. Je složen ze čtyř vrstev. První vrstva Ti (C, N) má dobrou přilnavost a pevnost břitu, následující vrstva  $\text{Al}_2\text{O}_3$  vytváří efektivní tepelnou bariéru potřebnou pro vysoké řezné rychlosti a obrábění nasucho, další vrstva Ti (C, N) poskytuje vynikající odolnost proti otěru a tvorbě výmolu pro dlouhé bezobslužné obrábění a malé rozměrové kompenzace a zlatá povrchová vrstva TiN umožňuje snazší rozlišení opotřebení destičky.

Břitové destičky TP1000 jsou dostupné v širokém sortimentu s moderními utvařeči třísek a jejich vysoká otěruvzdornost a houževnatost je základem dlouhé a zaručené životnosti. Destičky jsou vhodné pro rychlé obrábění nasucho, pro optimalizaci řezných procesů v sériové výrobě a pro bezobslužný provoz. (34)

Tab. 2.3 Obecné porovnání vlastností základních povlakových materiálů (9)

Hodnocení	Chemická stabilita	Odolnost proti oxidaci	Tvrdost	Tvrdost za tepla
Nejlepší  Špatná	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	TiC	$\text{Al}_2\text{O}_3$
	TiAlN	TiAlN	TiCN	TiAlN
	TiN	TiN	$\text{Al}_2\text{O}_3$	TiN
	TiCN	TiCN	TiAlN	TiCN
	TiC	TiC	TiN	TiC

## 2.5 Stávající stav obrábění z hlediska produktivity práce

Vzhledem k danému problému je produktivita práce snížena, neboť tříška zůstává namotána na čepu. V tomto případě je čep separován od dobrých kusů pomocí speciálního čidla, které upozorní na třísku.

Obsluha poté musí provést zámečnickou operaci, třísku v překrytém čase odstranit a uvolnit čep na další operaci.

V druhém případě může nastat problém hned u manipulátoru, který sevře čep v místě zanechání třísky. S tímto časem není počítáno, neboť je zde brán jako čas jednotkové práce strojně ruční ( $t_{A13}$ ). Stroj se poté automaticky zastaví. Obsluha musí stroj přepnout do ručního provozu a třísku odstranit.



Obr. 2.7 Zanechání třísky na čepu

## 2.6 Stávající stav obrábění z hlediska jakosti součásti

Jakost součástky je tímto problémem ovlivněna v případě, když tlačí břitová destička třísku před sebou. Poté nám poškozuje povrch kuželové části čepu, na který je kladeny zvláštní požadavky z hlediska jakosti povrchu.

Ve většině případů zůstává tříška umístěna na válcové ploše čepu (viz obr. 2.7), který je určen pro pozdější válcování závitu.

Stává se také, že tříska zůstane umístěna i pod hlavou čepu. V tomto případě by tato skutečnost znamenala vážné porušení geometrie i jakosti povrchu při obrábění hlavy čepu.

## 2.7 Stávající stav obrábění z hlediska tvaru třísky

Třísky představují vedlejší produkt řezného procesu, avšak jejich technologické charakteristiky významně vypovídají o průběhu procesu řezání jak z energetického hlediska, tak i z hlediska jejich řízeného odchodu z řezné zóny. Třísky jako výstupní produkt řezného procesu mají mít určité vlastnosti z hlediska rozměrů a tvarů bezprostředně po opuštění prostoru jejich vzniku a z hlediska jejich manipulovatelnosti při odstraňování z prostoru obráběcího stroje a další dopravy a zpracování. Takové požadavky na třísky se zvláště zdůrazňují při obrábění na automatizovaných obráběcích strojích a v automatizovaných výrobních systémech. Plnění požadavků se zajišťuje především volbou vhodných řezných podmínek a nástrojů se zaměřením na optimální utváření. (15)

Tab. 2.4 Diagram utvařečů třísek (16)

Dokončování ↑ Hrubování	R				R4	
	M			M3		M5
	MF	MF1	MF2			
	F	F1	F2			
		1	2	3	4	5

→  
Posuv na otáčku

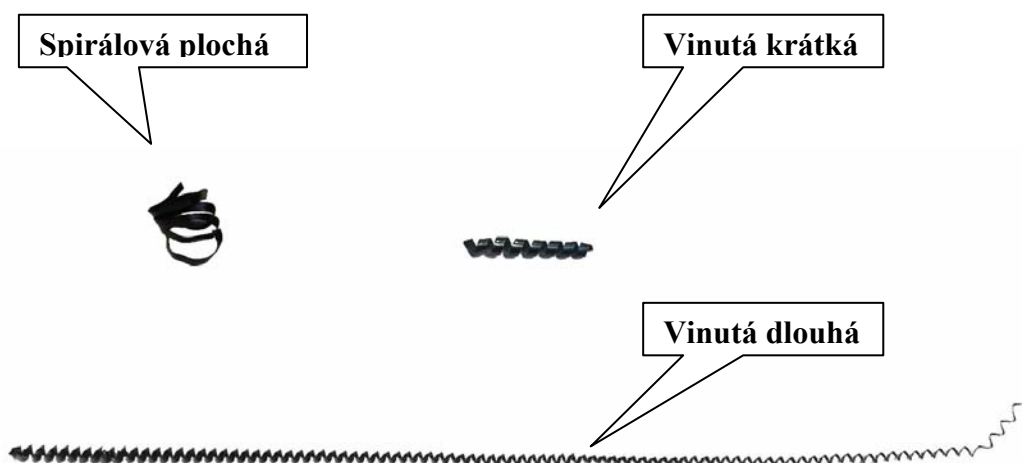
F = obrábění na čisto

M = střední

R = hrubování

V našem případě se jedná o 4 typy třísek, které se při obráběcím procesu utváří.

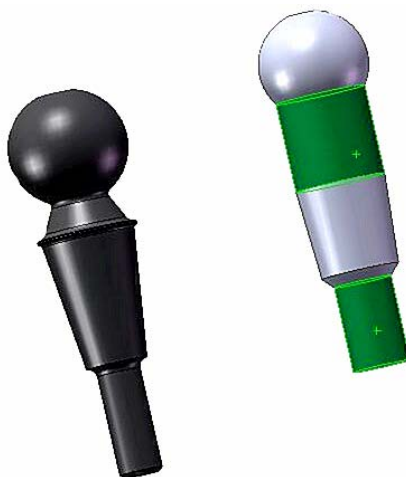
- Elementární, které tvoří asi 95% z celkového objemu.
- Vinuté dlouhé, které tvoří asi 2% z celkového objemu.
- Vinuté krátké, které tvoří asi 2% z celkového objemu.
- Spirálové ploché, které tvoří asi 1% z celkového objemu.



Obr. 2.8 Tvary nežádoucích třísek v obráběcím procesu na CNC soustruhu



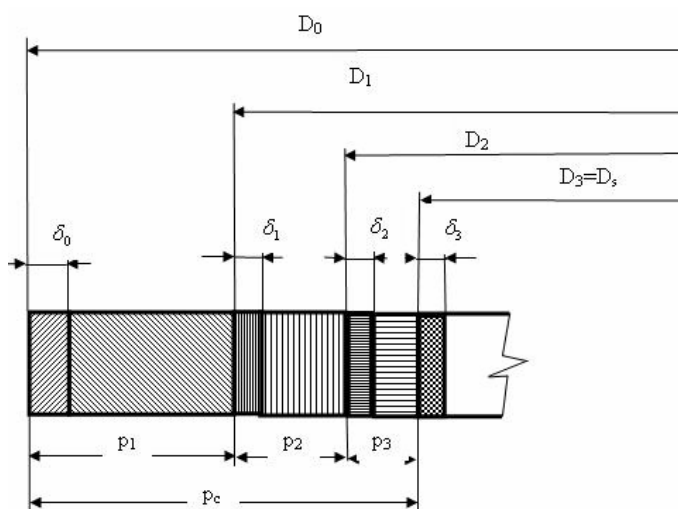
## 2.8 Rozvržení přídavků



Obr. 2.9 Hotový čep - polotovár

Přídavek na obrábění je vrstva materiálu, kterou musíme z polotovaru odebrat, abychom dosáhli na obrobku požadované plochy, tvary, rozměry i jakost, předepsanou výkresem součásti. (14)

Byly vybrány dvě plochy, na kterých se pomocí výpočtu zjistilo optimální rozložení přídavků. Jednalo se o válcovou plochu, určenou k pozdějšímu válcování závitu, a plochu pod hlavou čepu.



Obr. 2.10 Operační přídávky (33)

$D_i$  – je jmenovitá hodnota rozměru  $i$  – té operace [mm],  
 $p_i$  – je jmenovitá hodnota operačního přídávku  $i$  – ie operace [mm],  
 $\delta_i$  - je operační tolerance  $i$  – té operace [mm],

Tab. 2.5 Význam indexů (33)

<b>i = 0</b>	polotovár
<b>i = 1</b>	obrábění na hrubo
<b>i = 2</b>	obrábění na čisto
<b>i = 3</b>	obrábění dokončovací

### 2.8.1 Válcová plocha dříku

polotovár                       $\varnothing 16 \text{ mm}$   
hotový rozměr                 $\varnothing 10,94 \text{ mm}$

Vzorce pro výpočet přídavků na obrábění (33)

$$E_2 = a \cdot \sqrt[3]{d_2} + b \cdot l_k \quad (2.1)$$

$$E_1 = a \cdot \sqrt[3]{d_1} + b \cdot l_k \quad (2.2)$$

$$C_1 = m \cdot l_k \quad (2.3)$$

$$C_0 = 0,005 \cdot L \quad (2.4)$$

$$l_k = 2 \cdot l \quad (2.5)$$

$$d_1 = d_2 + P_2 \quad (2.6)$$

$$P_2 = k \cdot [2 \cdot (R_1 + T_1) + E_2 + C_1 + \delta_1] \quad (2.7)$$

$$P_1 = k \cdot [2 \cdot (R_0 + T_0) + E_1 + C_0 + \delta_0] \quad (2.8)$$

Tab. 2.6 Výsledné hodnoty vzorců

Symbol	Válcová plocha	Symbol	Válcová plocha
	Obrábění na čisto		Obrábění na čisto
$E_2$ [mm]	0,098	$E_1$ [mm]	0,412
$C_1$ [mm]	$7,5 \cdot 10^{-3}$	$C_0$ [mm]	0,487
$l_k$ [mm]	0,05	$l_k$ [mm]	0,05
$\delta_1$ [mm]	0,043	$\delta_1$ [mm]	0
$R_1$ [mm]	0,1	$R_0+T_0$ [mm]	0,75
$T_1$ [mm]	0,06	$k$ [-]	0,9
$k$ [-]	0,9	$P_1$ [mm]	2,16
$P_2$ [mm]	0,42	$d_1$ [mm]	11,36

Z výše vypočteného optimálního přídavku by měla mít válcová část polotovaru (určená pro pozdější válcování závitů)  $\varnothing 13,5$  mm.

Navržený polotovar má v této části  $\varnothing 16$  mm tudíž *zde není optimálně rozvržen přídavek na obrábění*.

Důvod takto navrženého polotovaru dodavatelem?

Polotovar svitek drátu  $\varnothing 25$  mm

Technologie tváření za studena

Výroba polotovaru horizontální lis: 5 kroků

- redukce z 25 mm na 16 mm
- předtváření kulové plochy
- dokončení kulové plochy
- tváření vnitřního šestihranu
- tváření kuželové části

Maximální stupeň redukce u tohoto hydraulického lisu je z  $\varnothing 25$  mm na  $\varnothing 16$  mm. Požadovaný  $\varnothing 13,5$  mm by měl za následek několikanásobné prodražení polotovaru, neboť by vyžadoval další hydraulický lis s dalšími redukčními stupni.

### 2.8.2 Válcová plocha pod hlavou čepu

polotovár                       $\varnothing 25,2 \text{ mm}$

hotový rozměr               $\varnothing 24 \text{ mm}$

Vzorce pro výpočet přídavků na obrábění viz. vzorce (válcová plocha dřívku)

Tab. 2.7 Výsledné hodnoty vzorců

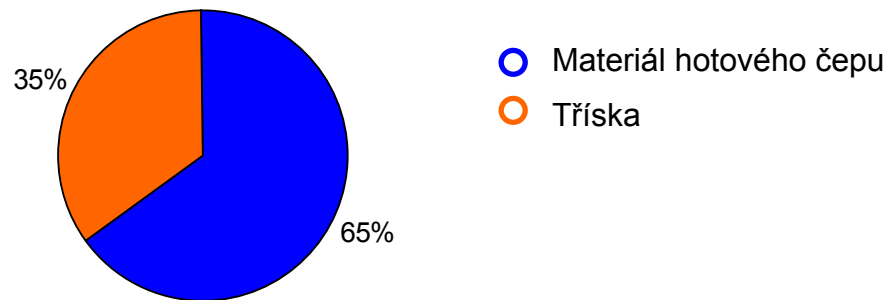
Symbol	Válcová plocha	Symbol	Válcová plocha
	Obrábění na čisto		Obrábění na čisto
$E_2 [\text{mm}]$	0,012	$E_1 [\text{mm}]$	0,498
$C_1 [\text{mm}]$	$6,3 \cdot 10^{-3}$	$C_0 [\text{mm}]$	0,487
$l_k [\text{mm}]$	0,042	$l_k [\text{mm}]$	0,042
$\delta_1 [\text{mm}]$	0,1	$\delta_1 [\text{mm}]$	0
$R_1 [\text{mm}]$	0,1	$R_0 + T_0 [\text{mm}]$	0,75
$T_1 [\text{mm}]$	0,06	$k [-]$	0,9
$k [-]$	0,9	$P_1 [\text{mm}]$	2,24
$P_2 [\text{mm}]$	0,49	$d_1 [\text{mm}]$	24,49

Z výše spočteného optimálního přídavku by měla mít válcová část polotovaru rozměr  $\varnothing 26,7 \text{ mm}$ . Navržený polotovár má v této části  $\varnothing 25,2 \text{ mm}$  tudíž *zde není optimálně rozvržen přídavek na obrábění*.

Je nutné brát v úvahu, že námi počítaná válcová plocha pod hlavou není reálná, neboť zde vzniká při obrábění kuželová plocha.

Námi počítaný přídavek se vztahuje jen na úzké osazení, které zachycuje manžetu.

*Při zvážení všech těchto praktických úsudků je i na úkor teoretického výpočtu zřejmé, že rozložení přídavků i tvar polotovaru, je z hlediska technologie výroby a geometrie součásti optimální.*

Procentuelní využití polotovaru**Odpad materiálu u 1 kusu**

Obr. 2.11 Odpad materiálu

Hmotnost polotovaru 335 [g]

Hmotnost hotové součásti 217 [g]

## 2.9 Obrobitelnost polotovaru

Pod pojmem obrobitelnost materiálu rozumíme souhrn vlastností obráběného materiálu z hlediska jeho vhodnosti pro výrobu součástí konkrétním způsobem obrábění. Stupeň obrobitelnosti je pojem relativní, který určuje, jestli je zkoumaný materiál při obrábění za stejných řezných podmínek, stejným druhem nástroje lépe nebo hůře obrobitelný než materiál druhý. (8)

Hlediska pro posuzování obrobitelnosti materiálu

1. velikost řezné rychlosti
2. velikost řezného odporu
3. jakost opracované plochy
4. utváření třísek při obrábění
5. stálost rozměrů

Etalonové materiály

Pro každou skupinu materiálů je stanoven etalonový materiál, ke kterému se vztahuje relativní obrobitelnost ostatních materiálů ve skupině. Pro ocelové materiály má etalon stupeň obrobitelnosti 14b. (8)

Ocel 14140 : 11b

Třídy obrobitelnosti se vztahují k příslušným součinitelům obrobitelnosti, které jsou odstupňovány podle geometrické řady, s kvocientem  $q = 10^{1/10} = 1,2589$ .

Obrobitelnost třískovým obráběním může být ve stavu po válcování ztížená vlivem zvýšené pevnosti. Pro obrábění je výhodnější stav žíhaný na měkko. Zlepšenou obrobitelnost vykazuje ocel 41CrS4 se zvýšeným obsahem síry. To platí pro náš polotovar, kde je obsah síry 0,020 až 0,040 % s dovolenou úchylkou v hotovém výrobku  $\pm 0,005$  %. (3)

V našem případě jsou polotovary již před vlastním obráběním tepelně zpracovány, což se výrazným podílem projevuje na snížení trvanlivost nástroje. Tvrdost polotovaru dosahuje (26 až 30) HRC.

### 3 VYHODNOCENÍ OPOTŘEBENÍ BŘITOVÉ DESTIČKY

#### Fyzikální podstata opotřebení

Opotřebení se projevuje u všech strojních součástí, které jsou ve vzájemném kontaktu a relativním pohybu. Při obrábění dochází v důsledku řezného procesu k relativním pohybům nástroj-obrobek a nástroj-tříska. Kombinací mechanických, tepelných, chemických a abrazivních faktorů dochází k složitému zatěžování nástroje, které se projevuje jeho opotřebením.

Mezi další faktory ovlivňující opotřebení patří: fyzikální a zejména mechanické vlastnosti obráběného a nástrojového materiálu, druh obráběcí operace, geometrie nástroje, pracovní podmínky, řezné prostředí, atd.).

#### Mechanismy opotřebení:

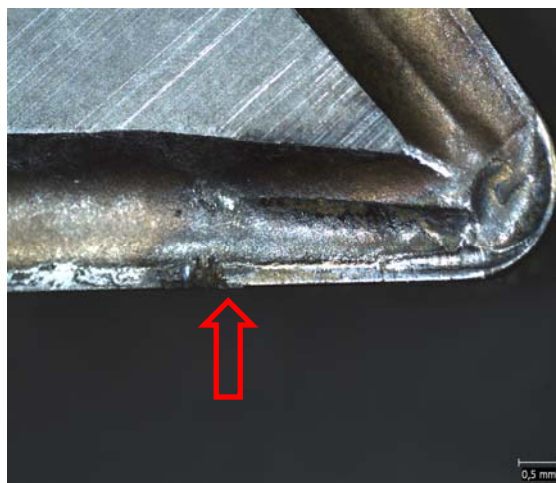
- **abraze** (brusný otěr vlivem tvrdých mikročástic obráběného materiálu i mikročástic uvolněných z nástroje).
- **adheze** (vznik a okamžité následné porušování mikrosvarových spojů na stýkajících se vrcholcích nerovností čela a třísky, v důsledku vysokých teplot a tlaků, chemické příbuznosti materiálů a kově čistých styčných povrchů).
- **difúze** (migrace atomů z obráběného do nástrojového materiálu a naopak, vytváření nežádoucích chemických sloučenin ve struktuře nástroje).
- **oxidace** (vznik chemických sloučenin na povrchu nástroje v důsledku přítomnosti kyslíku v okolním prostředí).
- **plastická deformace** (důsledek vysokého tepelného a mechanického zatížení, kumulovaného v čase), která se může ve svém nejpříznivějším důsledku projevit ve formě tzv. lavinovitého opotřebení.

- **křehký lom** (důsledek vysokého mechanického zatížení, např. přerušovaný řez, nehomogenity a vměstky v obráběném materiálu).

Abraze a adheze jsou obvykle označovány jako fyzikální mechanizmy opotřebení, difúze a oxidace jako chemické, všechny působí v průběhu času plynule, s tím, že časový okamžik začátku jejich působení nemusí být vždy shodný. Plastická deformace a křehký lom jsou naproti tomu mechanizmy, které působí náhle, v daném okamžiku a obvykle způsobí okamžité ukončení činnosti nástroje. Hřbet nástroje se opotřebovává především v důsledku abraze a oxidace, čelo v důsledku adheze, difúze, abraze a oxidace. Na skutečnost, zda se nástroj bude více opotřebovávat na hřbetě nebo na čele (příp. špičce), mají výrazný vliv i na další faktory, jako je geometrie nástroje, druh operace (hrubování, dokončování) a v neposlední řadě i řezné podmínky (řezná rychlost, posuv, šířka záběru ostří, řezné prostředí). Hřbet nástroje se opotřebovává především v důsledku abraze a oxidace, čelo v důsledku adheze a difúze abraze a oxidace. (5)



Obr. 3.1 Zvětšení 0,2 mm



Obr. 3.2 Zvětšení 0,5 mm

Dokončovací VBD  
Opotřebení na čele

- Odlupování povlaku
- Abraze (brusný otěr)

Dokončovací VBD

- Vyštípnutí povlaku (nárustek)





Obr. 3.3 Zvětšení 0,2 mm

Dokončovací VBD  
Opotřebení na čele

- Odlupování povlaku
- Praskání povlaku



Obr. 3.4 Zvětšení 1 mm

Dokončovací VBD  
Opotřebení na hřbetě

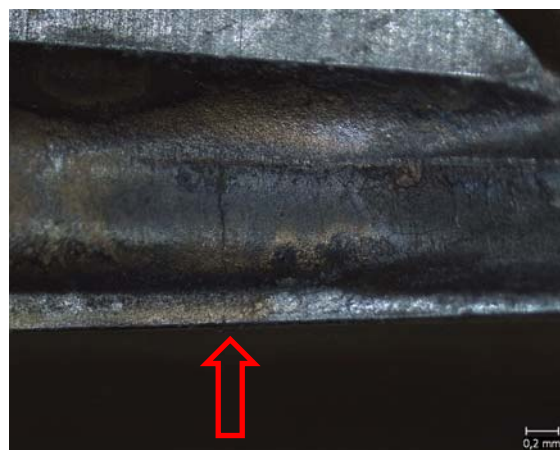
- Tepelně ovlivněná plocha
- Abrazie (brusný otěr)



Obr. 3.5 Zvětšení 0,2 mm

Hrubovací VBD  
Opotřebení na čele

- Odlupování povlaku
- Abrazie (brusný otěr)



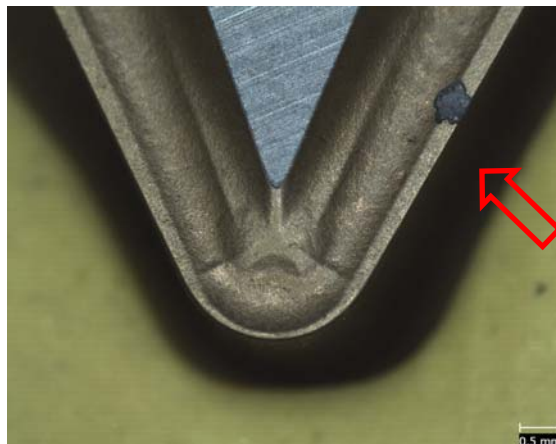
Obr. 3.6 Zvětšení 0,2 mm

Hrubovací VBD  
Opotřebení na hřbetě

- Trhlina na čele



Obr. 3.7 Zvětšení 0,5 mm



Obr. 3.8 Zvětšení 0,5 mm

Hrubovací VBD  
Opotřebení na čele

- Tepelně ovlivněná oblast
- Abrazie (brusný otěr)

Nová VBD  
Opotřebení na hřbetě

- Odloupnutý povlak

Podmínky testu:	$v_C$	175	$[m \cdot min^{-1}]$
	$f_{válc.plocha}$	0,35	$[mm]$
	$f_{kužel}$	0,23	$[mm]$
	$a_P$	1,5	$[mm]$
	$T_0$	25	$[^{\circ}C]$

Použité zařízení: Mikroskop: OLYMPUS SZ 61  
- (Stereolupa)  
- Snímky – makropohled  
- Požitý software - Quick Photo Industrial 2.2

### Třídy řezných materiálů

Rozsah firmy nabízený firmou Seco zahrnuje třídy s povlakováním (CVD a PVD), třídy nepovlakované, cermet, PCBN a PCD. Označení tříd naznačuje zařazení podle odolnosti vůči opotřebení a houževnatosti. (16)

### TP 1000

Nejvíce odolná vůči opotřebení ze všech tříd Seco pro obrábění na čisto a střední hrubování ocelí a legovaných ocelí. TP 1000 vykazuje vysokou odolnost vůči opotřebení a houževnatost, která zaručuje dlouhou a předpověditelnou životnost nástroje. Vhodná volba, jestliže na předním místě požadavků na výrobu je produktivita. (16)

### Poloměr zaoblení špičky

Výběr poloměru zaoblení špičky závisí na tvaru obrobku a typu obráběcí operace. Poloměr zaoblení špičky ovlivňuje výběr řezných podmínek a dosaženou jakost povrchu.

Malý poloměr zaoblení špičky = univerzální obrábění, nízké řezné síly (menší riziko vibrací).

Velký poloměr zaoblení špičky = silové obrábění, vhodné pro vysoké řezné podmínky, dobrá jakost povrchu. (16)

### Hloubka řezu

Maximální hloubka řezu, kterou lze použít, závisí na řadě faktorů. Výkonu stroje, tuhosti stroje, obráběnému materiálu, tvaru a velikosti břitové destičky, poloměru zaoblení špičky, utvařečů třísek, třídě a úhlu nastavení. Minimální hloubka řezu by neměla být menší než poloměr zaoblení špičky. (16)

### Velikost posuvu

Maximální velikost posuvu, jakou lze použít, závisí na řadě faktorů. Výkonu stroje, tuhosti stroje, obráběnému materiálu, tvaru a velikosti břitové destičky, poloměru zaoblení špičky, utvařečů třísek, třídě a úhlu nastavení.

Další, velmi důležitý faktor, je požadovaná drsnost povrchu. Maximální velikost posuvu by měla vždy být podstatně menší než poloměr zaoblení špičky. Příliš nízká velikost posuvu může mít za následek špatné lámání třísek a krátkou životnost nástroje. (16)

### Jakost povrchu

Větší poloměr zaoblení špičky obvykle dává lepší jakost povrchu. (16)

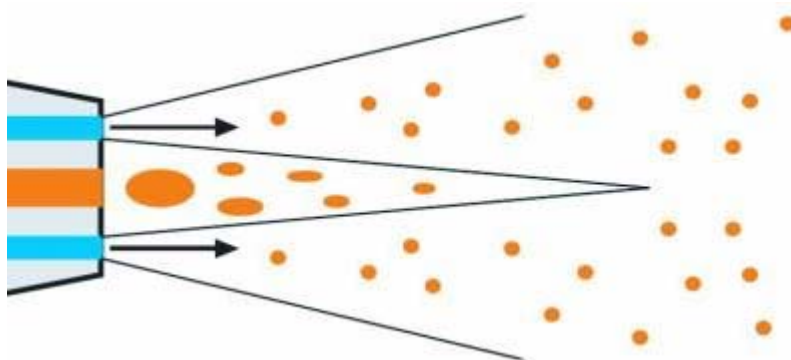
## **3.1 Obrábění suché/ mokré/ mlhové**

Regulace podmínek obrábění chlazením, příp. mazáním, zůstává významným optimalizačním prostředkem procesů zpracování kovových materiálů. Omezení množství vznikajícího tepla a jeho odvod z místa řezu, zlepšení třecích podmínek při tvorbě a odchodu třísek, hraje často výrazný podíl na odstraňování třísek apod., to vše pozitivně ovlivňuje vlastní proces řezání i kvalitu obrobeného povrchu. (18)

Při obrábění za mokra se do místa obrábění prostřednictvím dutého nástroje nebo pomocí vnější trysky vstřikuje chladicí emulze. Emulze vyplavuje třísky, chladí a částečně i maže. Nedostatků tohoto způsobu je celá řada, od znečištěného obrobku, resp. celého obráběcího prostoru stroje přes tepelné šoky působící na nástroj až po vysoké náklady na vybavení stroje v případě vnitřního výplachu či náklady na chladicí emulze. Naopak při obrábění za sucha je docíleno pouze odstraňování třísek z místa řezu, chladicí účinek je téměř zanedbatelný a o řízeném mazacím účinku také nelze mluvit. (12)

### Mlhové mazání

Principem mlhového mazání je vytváření mazacího aerosolu, který se koaxiální tryskou vyfukuje do místa řezu. Mikroskopické kapičky ekologicky a zdravotně nezávadného oleje se bezproblémově dostávají až k břitů do místa řezu. Na rozdíl od chladicí kapaliny, která v místě největšího vývinu tepla (břit nástroje) má tendenci k odpařování, působí mikroskopické aerosolové kapičky jako účinné mazadlo. Účinek mazací je u systémů mlhového mazání dominantní a následně přináší i účinek chladicí. Přístroje pro mlhového mazání obsahují zásobník oleje, regulační prvky a rozvod se směšovacím prvkem. (12)



Obr. 3.9 Princip schéma koaxiální trysky (12)

Tab. 3.1 Porovnání technologií (18)

	Mokrý obrábění	Suchý obrábění	Mlhové mazání
Mazací účinek	ano	ne	ano
Chladicí účinek	ano	zanedbatelné	ano
Odvod třísky	ano	ano	ano
Znečištění obrobku	ano	ne	ano
Náklady na vyba- vení stroje	ano	ne	malé

## **4 NÁVRH NOVÉHO ŘEŠENÍ OBRÁBĚNÍ – STABILITA PROCESU**

Působení periodicky se opakujících sil nám poruší rovnovážný stav při rovnoměrném řezání a vyvolá kmitání systému stroj-nástroj-obrobek.

Toto kmitání nepříznivě ovlivňuje objemový výkon stroje, přesnost a kvalitu řezného procesu. Tyto periodicky se opakující síly mohou vznikat například od rázů ostatních strojů (přenášet se podlahou do základu stroje), při rotaci nevyvážených hmot (např. u vysokorychlostních vřeten rotací talířových pružin) nebo při používání mechanismů, v kterých mohou vznikat velké setrvačné síly. Výše uvedené druhy vzniku kmitů od periodicky se opakujících sil přímo nesouvisí s procesem obrábění. Při řezném procesu se v určitých řezných podmínkách objevují kmity, které destabilizují řezný proces. Tyto kmity se u obrábění objevují nejčastěji a nejvíce ovlivňují kvalitu řezného procesu. Proto je třeba určit takové řezné podmínky, ve kterých je řezný proces stabilní.

Matematická závislost zatím není známá a stabilní řezné podmínky se určují experimentálně. Obecně lze říct, že se zvyšující se řeznou rychlostí, zmenšující se tloušťkou úběru třísky a zmenšujícím se úhlem řezu, z čehož vyplývá zmenšení řezných sil, nedochází k destabilizaci procesu. (7)

Mezi činitelé určující stabilitu procesu patří například :

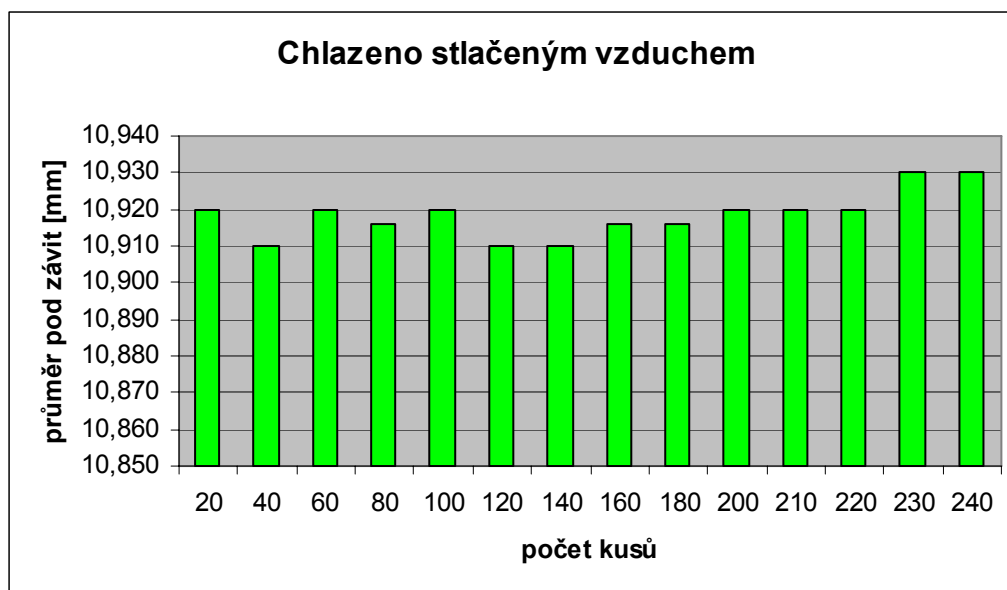
- počet korekcí (do předepsané trvanlivosti břitové destičky),
- plynulost a návaznost korekcí,
- rovnoměrný přídavek na hrubovací a dokončovací nůž,
- stálost rozměrů,
- tepelná stabilita,
- tuhost soustavy stroj-nástroj-obrobek,
- řezné podmínky.

Parametry obrobené plochy jsou obecně funkcí technologických faktorů, které souvisí s vlastnostmi obráběcího stroje, nástroje, obrobku, upínače a s hodnotami řezných podmínek.

Technologické vlivy na parametry obrobené plochy lze členit na:

- systematicky konstantní (chyba v seřízení stroje, úchylka rozměru a tvaru nástroje)
- systematicky proměnné (opotřebení nástroje, tepelné deformace)
- náhodné (rozptýlení přídavek na obrábění) (15)

Graf počtu korekcí na čepu SBJ Audi A8 při použití technologie chlazení stlačeným vzduchem a bez chlazení



Obr. 4.1 Rozměrové korekce čepu

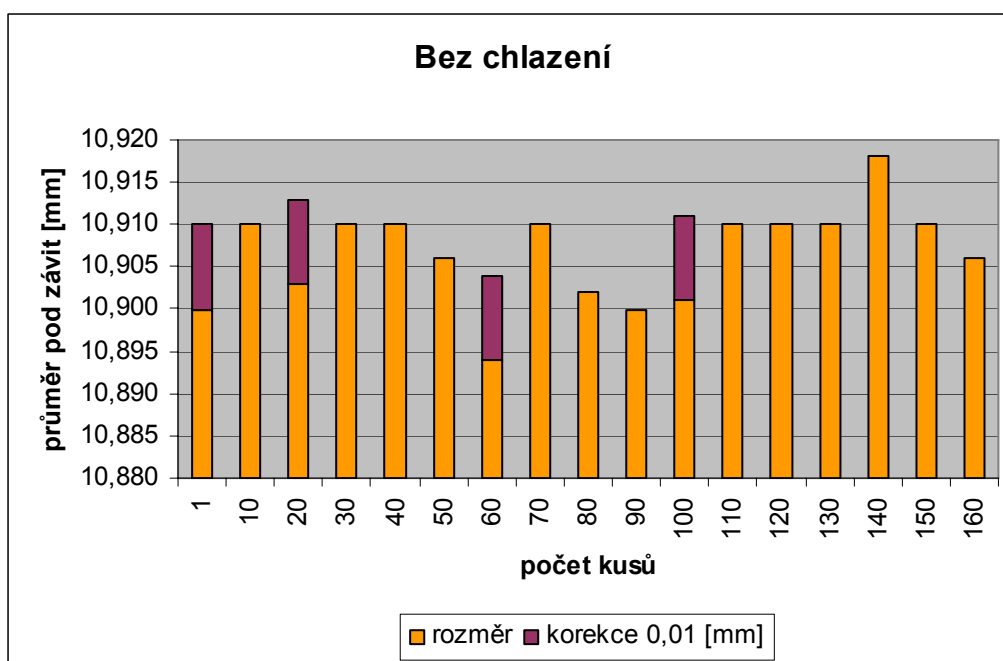
Na grafu vidíme, že při použití technologie stlačeným vzduchem nebyla zapotřebí žádná korekce. Rozměry se nacházely v toleranci dané výkresem  $10,94^{+0,0}_{-0,05}$  mm. Stávající stav je 220 kusů na jeden břit destičky.

Pokus se uskutečnil pro maximální počet kusů, které ještě nezaznamenaly výrazné opotřebení. Při 230 kusech byla lehce zhoršena drsnost povrchu, v důsledku tohoto důležitého kritéria byl pokus při 240 kusech ukončen.

Drsnost povrchu je v našem případě brána za nejdůležitější kritérium z hlediska opotřebení nástroje. Z 98% je destička vyřazena z důvodu nevyhovující drsnosti povrchu na kuželové ploše čepu, která se již dále neopravovává. Ve zbylých 2% je zahrnuto ulomení břitové destičky, které mohlo být způsobeno:

- vnitřními poruchami břitové destičky,
- neopatrnou manipulací s břitovou destičkou,
- nehomogenita obráběného materiálu.

Proces při použití chlazení stlačeným vzduchem lze považovat za stabilní.



Obr. 4.2 Rozměrové korekce čepu

Z tohoto grafu jsou zřejmé již výrazné změny. Bylo zapotřebí častějšího korigování rozměrů, neboť se VBD nechládila. Korekce se opakovaly po určitých intervalech, které se téměř chronologicky opakovaly. Kusy byly oproti normálnímu stavu značně zahřívány. U 140. kusu již teplota značně vzrostla.



Jak je vidět na diagramu, mohl být přírůstek u 140. kusu dán tepelnou roztažností materiálu. Pokus byl ukončen při počtu kusů 160, neboť zde přestaly vyhovovat parametry drsnosti na kuželové ploše čepu. Při obrábění s použitím chlazení se zde počítá s přídavkem na ochladnutí kusu. U našeho pokusu byla teplota kusu rozdílná oproti předpokládané hodnotě, tudíž i tepelná roztažnost byla odlišná. Po vychladnutí tedy nemusel být u všech kusů dodržen správný rozměr.

Z obou grafů je vidět, že při použití chlazení se nám zvýší životnost nástroje až o 27%.

Proces bez chlazení stlačeným vzduchem lze považovat za nestabilní.

Podmínky testu:	$v_C$	175 [m.min <sup>-1</sup> ]
	$f_{\text{válč.plocha}}$	0,35 [mm]
	$f_{\text{kužel}}$	0,23 [mm]
	$T_0$	25 [°C]

Měřidla: pasametr	rozsah	0-25 [mm]
	rozlišitelnost	0,002 [mm]
	výrobce :	Mitutoyo
digitální posuvné měřítko	rozsah	0-150 [mm]
	rozlišitelnost	0,02 [mm]
	výrobce	SOMET

Test, který by se zaměřil na chlazení pomocí vodní emulze, nemohl být proveden v důsledku technického vybavení stroje.

## 5 POROVNÁNÍ VBD OD RŮZNÝCH DODAVATELŮ

Na základě komunikace a kontaktů firmy TRW s výrobcí VBD byly navrženy 4 typy břitových destiček. Na těchto VBD se provedly testy, podle kterých měl být navržen nový stav obrábění.



Nejvyšší priorita byla kladena na odlišné utvařeče třísek, které úzce souvisí s naším problémem tvorby třísky.

VBD byly zvoleny od firem :

- Seco Tools
- Walter
- Sandvik Coromant
- Iscar ČR s.r.o

V jediném případě zůstal utvařeč třísky naprosto stejný a to u firmy Seco Tools

Tab. 5.1 Typy testovaných VBD (10, 23, 22, 29)

Výrobce	typ	Označení
Seco		DNMG150612 – MF2 TP2500
Walter		DNMG150608-NM4 WPP10
Sandvik Co- romant		DNMG150612 – MF 4215
Iscar		DNMG150612-PF IC9015

### 5.1 VBD firmy Seco Tools typ DNMG150612 – MF2 TP2500

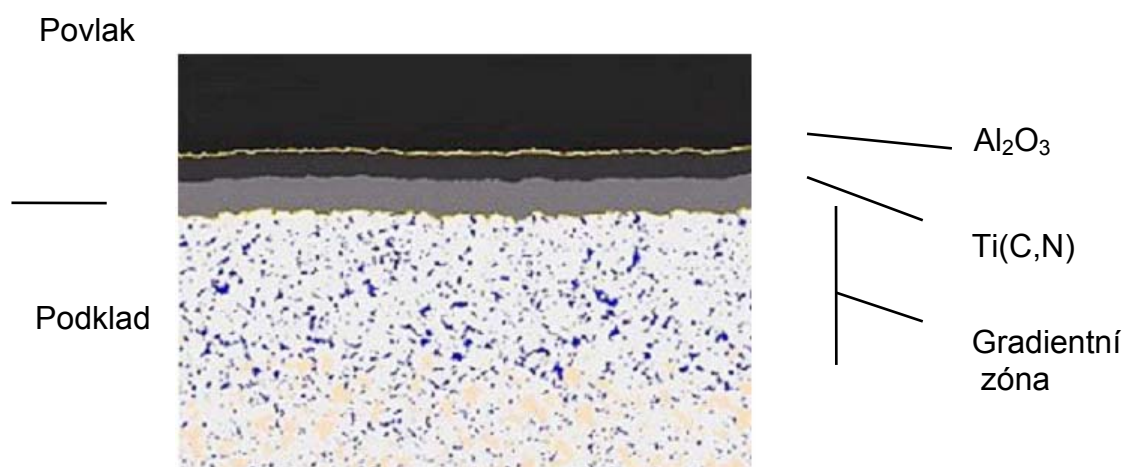


Obr. 5.1 VBD firmy Seco Tools

Tab. 5.2 Řezné podmínky (23)

Označení	$v_c$ ( $m \cdot min^{-1}$ )	$f$ (mm)	$a_p$ (mm)
DNMG150612 – MF2 TP2500	285-385	0,1-0,9	0,2-4,0

TP2500 je určena pro široký okruh aplikací při soustružení oceli a nerezové oceli a je také dobrá volba pro soustružení litiny. (31)



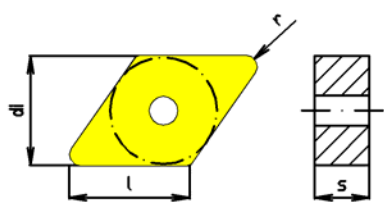
Obr. 5.2 Složení povlaku (31)

TP2500 poskytuje výborné výsledky při obrábění s vyššími řeznými rychlostmi a rychlostmi posuvu, nabízí velmi dobré charakteristiky pro obrábění s řeznou kapalinou nebo bez ní a má neuvěřitelně stabilní řeznou hranu, což nabízí další tři jednoznačné výhody:

- přesnost součástí jako výsledek vysoké odolnosti proti opotřebení,
- výborná jakost povrchu díky odolnosti proti tvoření nárůstků na břitě,
- schopnost obrábění od lehkého dokončování po středně hrubé obrábění a dokonce středně přerušované obrábění. (23)

Tab. 5.3 Výhody destičky (23)

Vysoká rychlost posuvu a řezná rychlost	→	Vysoké rychlosti úběru materiálu
Obrábění s řeznou kapalinou a bez ní	→	Flexibilita
Široký pracovní rozsah	→	První volba pro všeobecné soustružení ocelí
Nabízí dlouhou trvanlivost nástroje	→	Kusová/ automatizovaná výroba
Mimořádná odolnost proti hřbetnímu opotřebení	→	Přesnost součástí
Univerzálnost	→	Kombinovaná výroba
Stabilní řezná hrana	→	Dokončovací až středně přerušované obrábění
Omezený sklon k tvorbě nárůstků	→	Vysoká jakost povrchu



Obr. 5.3 Rozměry břitové destičky (23)

$l = 15,0$  [mm]

$d_i = 12,7$  [mm]

$s = 6,35$  [mm]

$r = 1,2$  [mm]

*Popis při pokusu:*

Destička byla zvolena na základě dobrých zkušeností se stávající VBD od stejného výrobce. Břitová destička se liší pouze typem povlaku, který má označení TP 2500.

Při zkušebních testech se projevila mimořádná odolnost proti hřbetnímu opotřebení. Zůstaly zachovány stávající řezné podmínky, které destičce plně vyhovovaly. Z kapitoly 5.5 je zřejmé, že při použití této VBD není téměř žádným způsobem snížen počet zanechaní třísky na čepu. Důvodem je stejný utvařecí třísky, který je použit i na VBD s povlakem TP1000.

*Problém třísek:*

Při pozorování bylo zjištěno, že nežádoucí tříska umístěná na čepu, se vyskytovala častěji u VBD, která měla za sebou polovinu své trvanlivosti. Tudiž VBD opotřebovaná. Při pokusu se zároveň zjišťoval maximální počet kusů, který je schopna VBD obrobit, aniž by bylo překročeno dané kritérium opotřebení, což je v našem případě drsnost povrchu na kuželové ploše. Jak je zřejmé z tabulky 5.7 vznikl u VBD s povlakem TP 2500 velmi pozitivní výsledek. Destička bez větších problémů obráběla i přes 300 kusů. Destička byla navržena dodavatelem, který obdržel všechny potřebné údaje pro volbu VBD.

## 5.2 VBD firmy Walter typ DNMG150608-NM4 WPP10

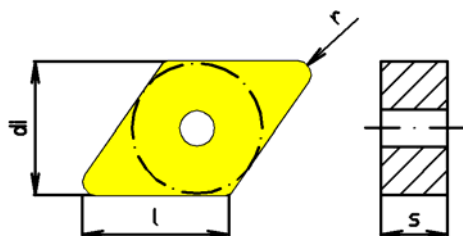


Obr. 5.4 VBD firmy Walter

Jedná se o oboustrannou destičku s negativním provedením s utvařečem NM4, což je univerzální utvařeč pro obrábění oceli obecně. V rámci doporučených řezných podmínek je zaručena lámavost třísky. Destička není vhodná na přerušované řezy. Ideální pro tuto sortu je předpracovaný povrch. (4)

Tab. 5.4 Řezné podmínky (29)

Označení	$v_c$ (m/min)	$f$ (mm/ot)	$a_p$ (mm)
DNMG150608-NM4 WPP10	230-310	0,18-0,4	0,6-5,0



Obr. 5.5 Rozměry břitové destičky (28)

$l = 15,5$	[mm]
$d_i = 12,7$	[mm]
$s = 6,35$	[mm]
$r = 1,2$	[mm]

Metoda povlakování

CVD

Povlak

TiCN+AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+(TiN)

Chlazení

stlačený vzduch (30)

*Popis při pokusu:*

Břítová destička se testovala při stávajících řezných podmínkách. Při pokusech nám destička obrobila v průměru 150 kusů. Kritérium ukončení procesu bylo v tomto případě dáno nevyhovující drsností na povrchu kuželu. Destička se nám však oproti destičce od firmy Iscar nezlomila ani v jednom případě.

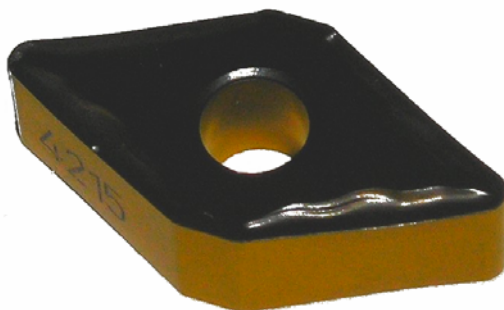
*Problém třísek:*

Utváření třísky u této destičky vykazovalo špatnou volbu utvařeče třísek. Tříska zůstávala namotána po celém čepu, tudíž i pod hlavou. Pod hlavou čepu se vyskytovala tříska, která byla obtížně odstranitelná v důsledku svých rozměrů. Četnost zanechání třísky na čepu dosahovala až 85%.

Jedna z nejhorších variant nastala v případě, pokud zůstávala tříska na čepu zanechána takovým způsobem, že čep nemohl být manipulátorem vyjmut z pracovního prostoru a následně pokračovat na další operaci. Četnost tohoto jevu byla asi 40%. V tomto případě musel být stroj uveden do ručního režimu a čep vyjmut ručně. Tato skutečnost je však negativní i z hlediska bezpečnosti práce, neboť čepy se při opotřebovanější destičce více zahřívají. Třísku musí obsluha odstraňovat v ochranných rukavicích.

Závěrem lze konstatovat, že destička neprokázala potřebnou způsobilost k našemu obráběcímu procesu. Destička byla navržena dodavatelem, který obdržel všechny potřebné údaje pro volbu VBD. Totožný problém se vyskytoval také u destičky od firmy Iscar.

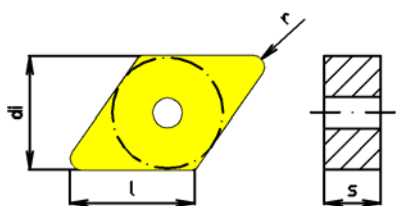
### 5.3 VBD firmy Sandvik Coromant typ DNMG150612–MF4215



Obr. 5.6 VBD firmy Sandvik Coromant

Tab. 5.5 Řezné podmínky (22)

Označení	$v_c$ ( $m \cdot min^{-1}$ )	$f$ (mm)	$a_p$ (mm)
DNMG150612 – MF 4215	305-475	0,2-0,6	0,5-3,8



$l = 15,0$	[mm]
$d_i = 12,7$	[mm]
$s = 6,35$	[mm]
$r = 1,2$	[mm]

Obr. 5.7 Rozměry břitové destičky (22)

Metoda povlakování

CVD

Povlak

TiCN+AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+(TiN)

Chlazení

stlačený vzduch (22)

#### Popis při pokusu:

Břítová destička se testovala při stávajících řezných podmínkách. Při pokusech nám destička obrobila 300-350 kusů, tudíž bylo dosaženo velmi pozitivního výsledku.

Tříska umístěná na válcové části čepu se vyskytovala častěji, než je u současné destičky od firmy Seco. Četnost se pohybovala okolo 80 ks za směnu.



## 5.4 VBD firmy Iscar typ DNMG150612-PF IC9015



Obr. 5.8 VBD firmy Iscar (10)

Tab. 5.6 Řezné podmínky (20)

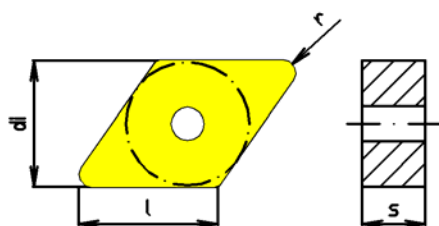
Označení	$v_c$ ( $m \cdot min^{-1}$ )	$f$ (mm)	$a_p$ (mm)
DNMG 150612-PF IC9015	250-400 140-350	0,07-0,3	0,5-4,5



Litina



Slitinová ocel, Uhlíková ocel

 $l = 15,5$  [mm] $d_i = 12,7$  [mm] $s = 6,35$  [mm] $r = 1,2$  [mm]

Obr. 5.9 Rozměry břitové destičky (10)

Metoda povlakování

CVD

Povlak

 $TiCN + Al_2O_3 + TiN$ 

Chlazení

stlačený vzduch (11)

*Popis při pokusu:*

Destička nám při pokusu vykazovala malou stabilitu procesu. Bylo potřeba častějších korekcí. Naším cílem je zvyšovat řezné podmínky, přesto však byly ponechány totožné se stávajícím stavem obrábění.

Břítová destička však nepřinesla očekávaný výsledek. Testovalo se asi 5 kusů destiček, z nichž většina nepřesáhla 160 obrobených kusů. Jako kritérium ukončení řezného procesu se v tomto případě stala destrukce břítové destičky. U destiček nám docházelo k lomu v polovině břítové destičky.

*Problém třísek:*

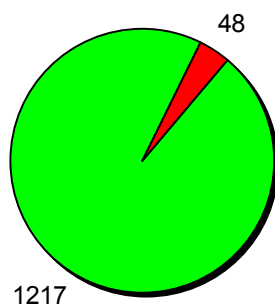
Tříska se velice špatně utvářela. Zůstávala namotána po celém čepu, tudíž i pod hlavou. Četnost zanechání třísky na čepu dosahovala až 90%.

Jedna z nejhorších variant nastávala v případě, když byla tříska na čepu zanechána takovým způsobem, že čep nemohl být manipulátorem vyjmut z pracovního prostoru a následně pokračovat na další operaci. Četnost tohoto jevu byla asi 40%. V tomto případě musel být stroj uveden do ručního režimu a čep vyjmut ručně.

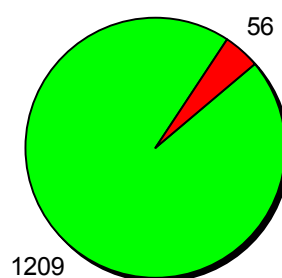
Závěrem lze konstatovat, že tato destička neprokázala potřebnou způsobilost k našemu obráběcímu procesu. Destička byla navržena dodavatelem, který obdržel všechny potřebné údaje pro volbu VBD.

## 5.5 Grafy počtu zanechání třísky : stávající a navržené VBD

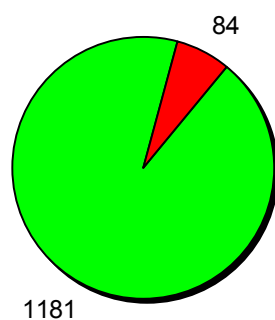
**SECO**  
**DNMG 150612-MF2 TP2500**



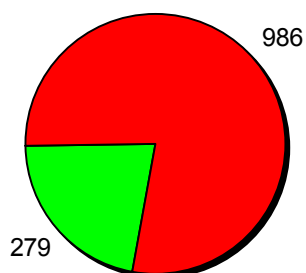
**SECO**  
**DNMG 150612-MF2 TP1000**



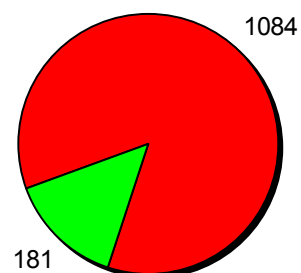
**Sandvik Coromant**  
**DNMG 150612-MF 4215**



**Walter**  
**DNMG 150608-NM4 WPP10**



**Iscar**  
**DNMG 150612-PF IC9015**



● čepy se zanechanou třískou

● čepy bez třísky

$v_c$  175 [m.min<sup>-1</sup>]

$f_{\text{válč.plocha}}$  0,35 [mm]

$f_{\text{kužel}}$  0,23 [mm]

$T_0$  25 [°C]

Celkový počet čepů 1265 [ks]

Jak je zřejmé z grafu, bylo dosaženo velmi různorodých výsledků. Destičky od firmy Walter a Iscar obrobily polovinu kusů, než je stávající stav obrábění. Také tříska zanechaná na čepu byla velice častým jevem provázejícím obráběcí proces. Z těchto důvodů byly obě destičky považovány jako nevyhovující.

V úvahu nám tedy přicházejí destičky od firmy Seco a Sandvik Coromant. Destička od firmy Sandvik Coromant ale vykazovala četnější zanechání třísky na čepu. Z důvodu těchto faktorů byla jako nová varianta stanovena destička od firmy **Seco Tools : DNMG150612 – MF2 TP2500**.

Destička s povlakem TP1000 byla vyřazena, neboť i po ekonomické stránce jsou obě destičky téměř totožné (tab. 7.3). Touto volbou břitové destičky se nám sice zvýšila efektivnost obráběcího procesu, neboť destička má stanovenou mez 300 kusů, ale proces utváření třísky zůstal beze změny.

#### Tabulka počtu obrobených kusů na 1 břitovou destičku

Tab. 5.7 Porovnání břitových destiček

Výrobce destičky	Počet obrobených kusů na 1 břit	Počet obrobených kusů na 4 břity	Porovnání
Seco: TP 1000	210	840	
Seco: TP 2500	300	1200	<b>+ 30%</b>
Sandvik Coromant	300	1200	<b>+ 30 %</b>
Walter	150	600	- 28 %
Iscar	160	640	- 24 %

## 5.6 Optimalizace řezných podmínek

Jeden z dalších pokusů se zaměřil na efektivitu řezných podmínek. Snahou je dosáhnout vyšší řezné rychlosti, která by zefektivnila obráběcí proces. Byly zvoleny vyšší otáčky vřetena. Původní otáčky vřetena jsou

$n = 2100 \text{ ot.min}^{-1}$ , ale při zvýšení na  $n = 2500 \text{ ot.min}^{-1}$  se nám vřeteno nestačilo rozběhnout do plných otáček. Nůž se v důsledku programu rozjel dříve, než

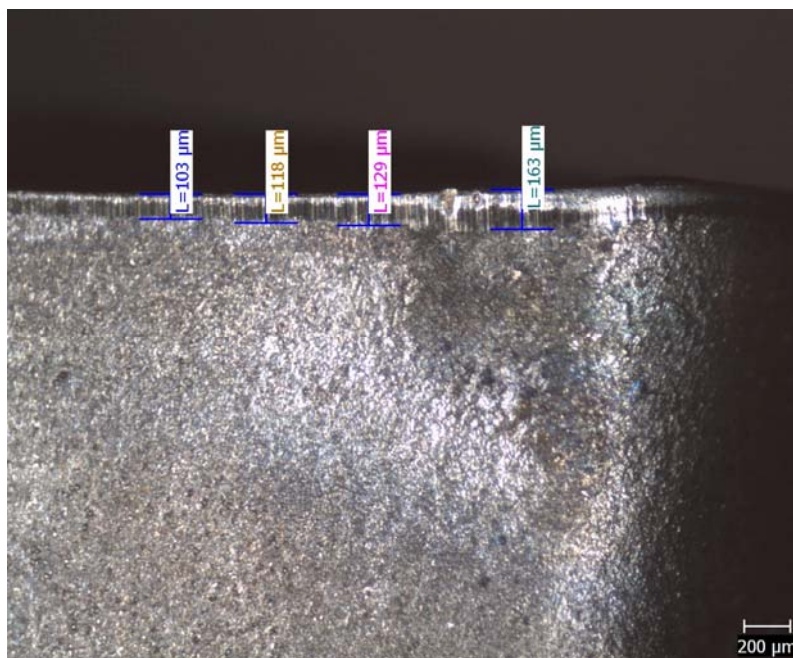
bylo dosaženo plných otáček vřetena. Řídicí systém v tomto případě ohlásil chybu, která spočívala ve vysokém nárůstu příkonu stroje a v zatížení vřetena. V této situaci nastaly na výběr dvě možnosti:

- a) ponechat stávající řezné podmínky a pokus brát za nezdařený,
- b) prodloužit čas výjezdu hrubovacího nože do záběru, aby se nám stačilo rozběhnout vřeteno do plných otáček.

Byla vyzkoušena druhá navržená varianta, která ovšem obráběcí proces nezefektivnila. Jako hlavní kritérium byl zvolen cyklový čas, který ovšem zůstal téměř totožný s původním stavem. Součást byla sice rychleji obrobena, ale v důsledku časové prodlevy výjezdu hrubovacího nože se nezaznamenala žádná výrazná změna. Nebylo zde bráno v úvahu rychlejší opotřebení nástroje vůči počtu obrobených kusů.

### 5.7 Pozorování opotřebení břitu nově navržené VBD

Princip spočíval v pozorování břitu více destiček při určitém počtu obrobených kusů. Břit se opotřebovával rovnoměrně s rostoucím počtem kusů. Z obrázku je patrné opotřebení hřbetu VB.

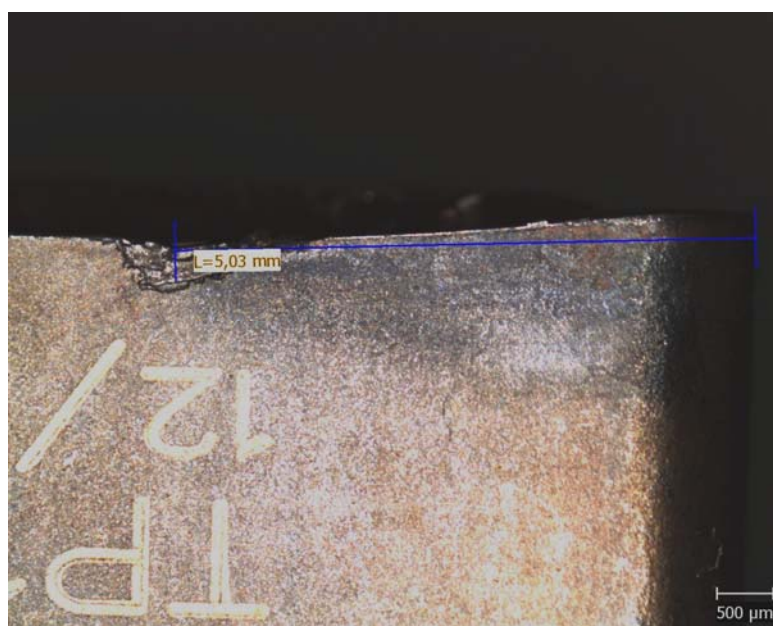


Obr. 5.10 VBD Seco DNMG150612 – MF2 TP2500 po 350 ks

Tab. 5.8 Velikost opotřebení destiček Seco

Destička	Počet obrobe- ných kusů	Čas řezného procesu [min]	VB [μm]
1.	30	9	58,0
2.	60	18	70,50
3.	90	27	68,25
4.	120	36	97,50
5.	150	45	84,25
6.	180	54	129,75
7.	210	63	122,80
8.	240	72	139,75
9.	300	90	149,75
10.	350	105	147,25

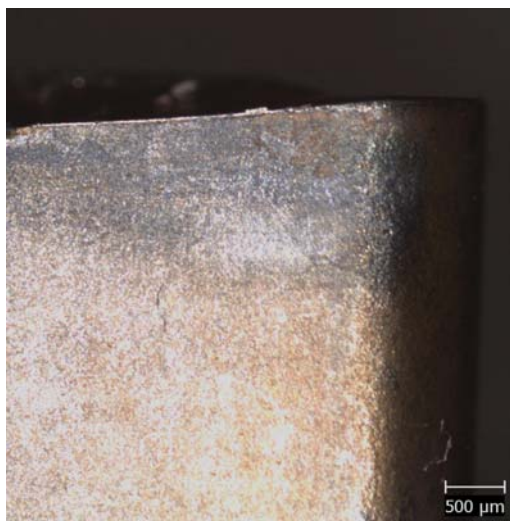
Při vyhodnocení opotřebení původní destičky DNMG150612 – MF2 TP1000 bylo dosaženo překvapivého závěru. Jak je vidět z obr. 5.10 břitová destička nám nikde nevykazuje opotřebení na hřbetě břitové destičky.



Opotřebovaná destička po 210 ks.

Destička nám v každém případě vykazuje vyštípnutí povlaku.

Obr. 5.11 VBD Seco DNMG150612 – MF2 TP1000 po 210 ks



Opotřebovaná břitová destička po 210 ks. Destička vykazuje minimální opotřebení na hřebě. (210 max. počet kusů).  
Je zde výrazné tepelné ovlivnění.

Obr. 5.12 VBD Seco DNMG150612 – MF2 TP1000 po 210 ks

## 5.8 Chemický rozbor čepů

Počet čepů, na kterých zůstává namotána tříska, se značně liší při obrábění různých dávek materiálu. Ve většině případů je tento počet čepů značný, ale stává se, že při jiných dávkách se jedná o minimum kusů. Toto zjištění dalo podnět k prozkoumání chemického složení polotovaru z různých dávek.

Tab. 5.9 Chemické složení čepů

Prvek	C [%]	Mn [%]	Si [%]	P [%]	S [%]	Cr [%]	Ni [%]	Mo [%]	Cu [%]	Al [%]
1.dávka (06/2007)	0,44	0,89	0,06	0,009	0,031	1,12	0,04	0,01	0,021	<b>0,034</b>
2.dávka (10/2007)	0,43	0,79	<b>0,15</b>	0,012	0,026	1,12	0,03	0,00	0,017	0,020
3.dávka (01/2008)	0,43	0,76	0,08	0,008	0,030	<b>1,21</b>	0,06	0,01	<b>0,062</b>	0,021

1. dávka – časté zanechání třísky
2. dávka – časté zanechání třísky
3. dávka – menší počet zanechání třísky

**Vliv legujících prvků**

Cu Zlepšuje obrobitelnost.

Si Vytváří např. ve spojení s hliníkem tvrdé silikátové inkluze, které mohou vést k rychlejšímu opotřebení nástroje.

Cr U ocelí s vyšším obsahem uhlíku, resp. legujících prvků tvoří tyto prvky tvrdé smíšené karbidy, které mohou negativně ovlivňovat obrábění.

Tab. 5.10 Minimální koncentrace prvku

Prvek	Obsah [%]	prvek	Obsah [%]
Mangan	0,9	Molybden	0,1
Křemík	0,5	Vanad	0,1
Chrom	0,3	Wolfram	0,1
Nikl	0,2	Titan	0,1
kobalt	0,2	Hliník	0,1

Aby byl prvek považován za přísadový, musí být přítomen v určité minimální koncentraci. (6)

Chem. složení: Výsledky jsou průměrné ze 3 měření

Zařízení: Spektrometr s doutnavým výbojem SPECTRUMAT  
GDS750

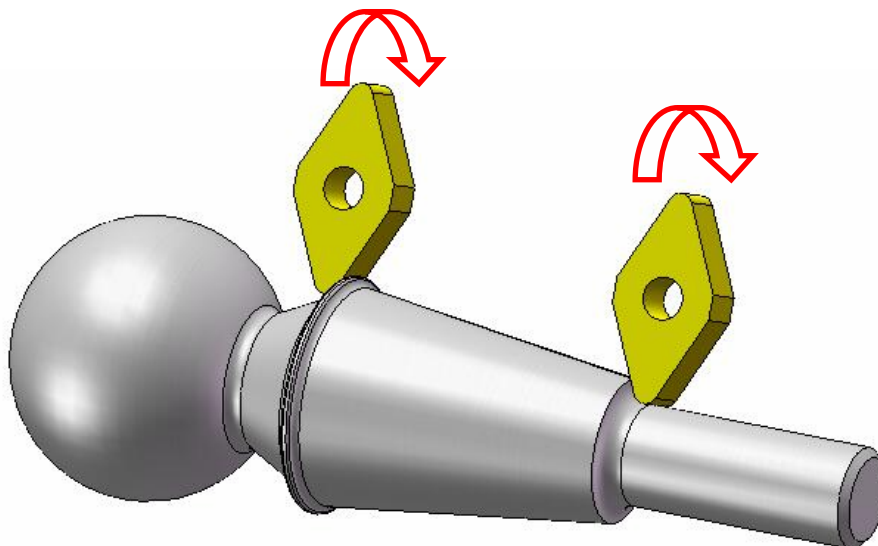


## 6 ZMĚNA CNC PROGRAMU

V důsledku neuspokojivého výsledku tvorby třísky s kombinací různých VBD byla navržena další varianta. Jedná se o změnu CNC programu, konkrétně změnu trajektorie hrubovacího i dokončovacího nože při ponechání břitové destičky od firmy Seco DNMG150612 – MF2 TP2500.

Vycházelo se z předpokladu zanechání třísky na válcové části polotovaru. Tříska se v tomto místě vyznačuje odlišnými vlastnostmi oproti normálnímu stavu, kde jsou třísky převážně elementárního tvaru.

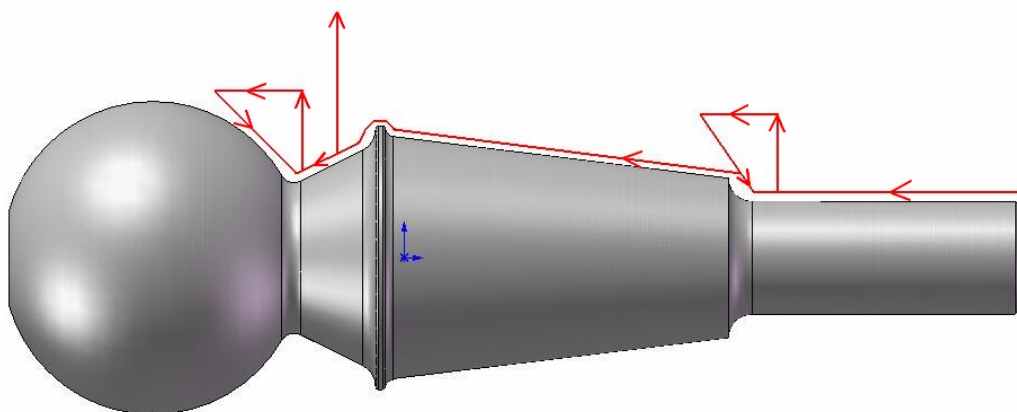
Tříska vykazuje abnormální velikost oproti stanovenému přídatku na dokončovací nůž. Jmenovitá šířka třísky  $b_D$  se pohybuje okolo 1 mm, ovšem tříska zanechaná na válcové části čepu vykazuje  $b_D$  přes 2 mm. Z obr. 6.1 je zřejmé, jakým způsobem nám tato tříska vzniká. Nůž, jehož nástrojový úhel špičky  $\epsilon_R$  je  $55^\circ$ , nám v místě přechodu z válcové na kuželovou část zabírá větší plochou řezné hrany.



Obr. 6.1 Natočení břitových destiček není možné

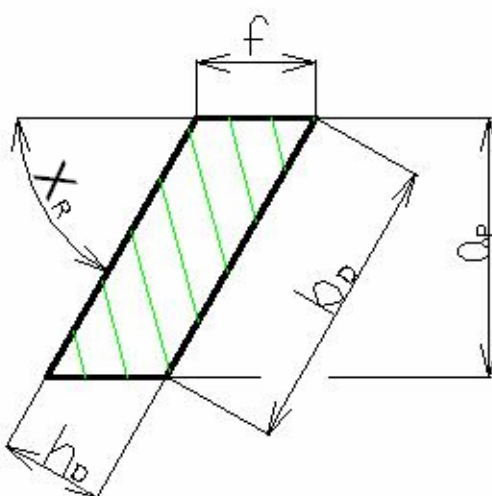
Žádný utvařeč třísek našich testovaných destiček nebyl schopen tuto třísku odlomit. Natočení břitové destičky pod jiným úhlem opět není možné

v důsledku obrábění materiálu pod hlavou čepu, kde by nebyl nedodržen tvar záchytné hrany pro těsnící manžetu, viz obr. 6.1. V oblasti pod hlavou čepu se nám také vyskytuje nežádoucí tříska, ale v porovnání s výskytem třísky na válcové části čepu je její výskyt zanedbatelný.



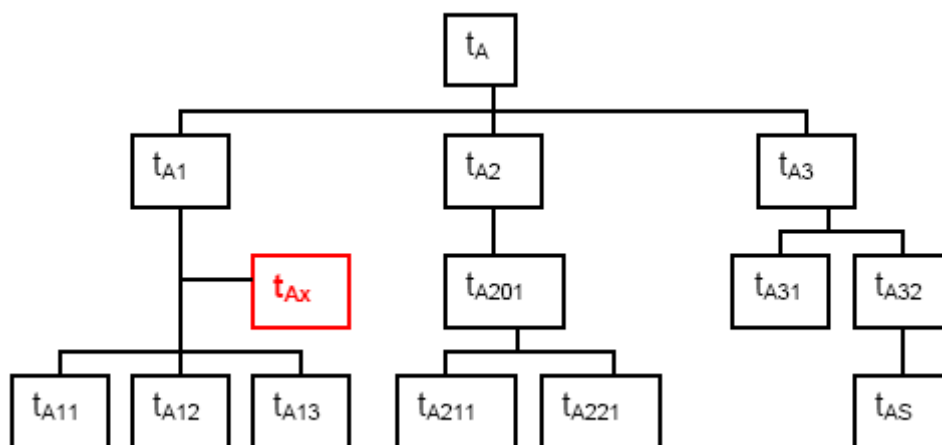
Obr. 6.2 Dráha dokončovací břitové destičky

Z obrázku je zřejmá dráha dokončovacího nože. Nůž se vždy zastaví před rádiusem, odjede a rádius obrábí z opačné strany, než je původní dráha nože.

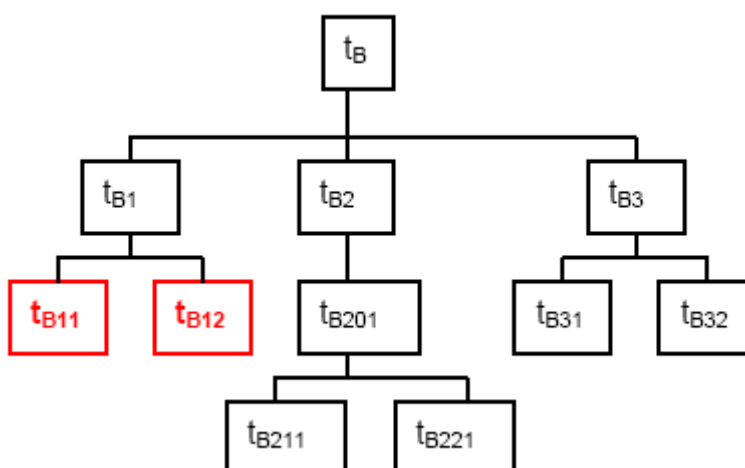


Obr. 6.3 Průřez třískou

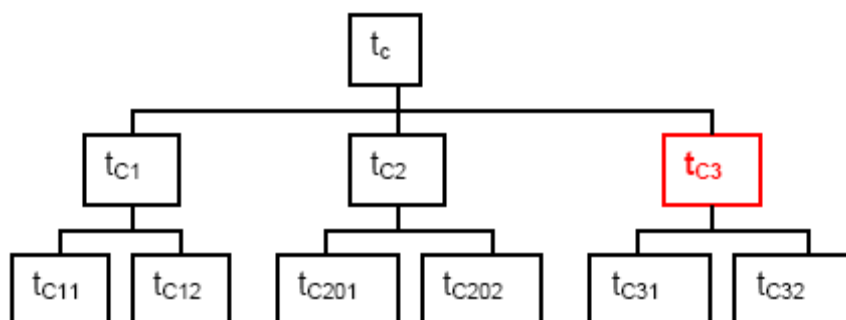
## 7 TECHNICKO – EKONOMICKÉ HODNOCENÍ SE ZAMĚŘENÍM NA ZTRÁTY VEDLEJŠÍCH ČASŮ



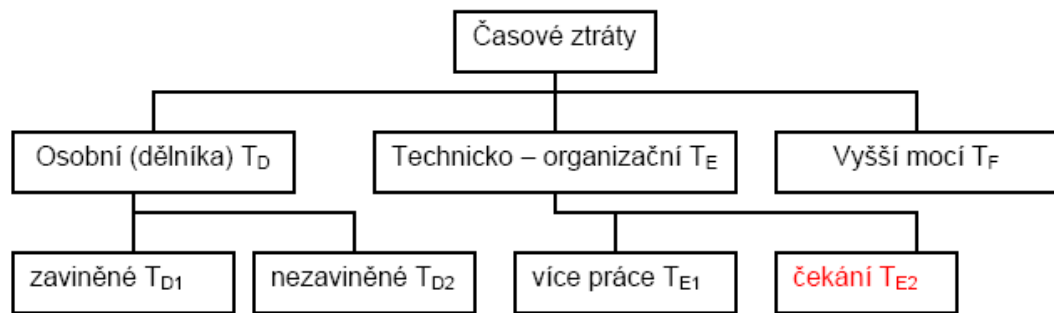
Obr. 7.1 Schéma normy jednotkového času (33)



Obr. 7.2 Schéma normy dávkového času (21)



Obr. 7.3 Schéma normy směnového času (21)



Obr. 7.4 Časové ztráty (33)

$t_{Ax}$  : čas jednotkové práce nepravidelný

$t_{B11}$  : čas dávkové práce za klidu výrobního zařízení

$t_{B12}$  : čas dávkové práce za chodu výrobního zařízení

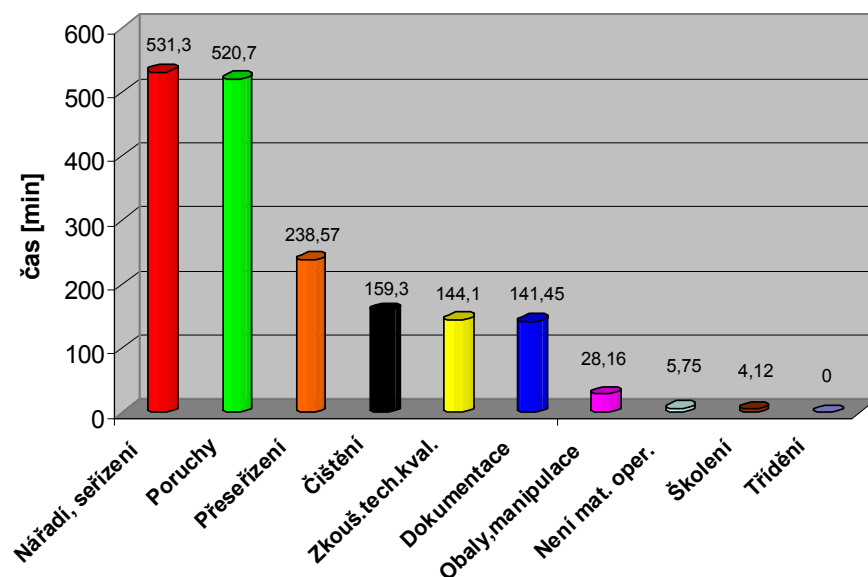
$t_{C3}$  : čas směnový pro podmíněčně nutné přestávky

$t_{C11}$  : čas směnové práce za klidu výrobního zařízení

$T_{E2}$  : časová ztráta technicko-organizační

Časový záznam ztrát. Vyhodnocen na stroji, který obrábí válcovou a kuželovou část na čepu SBJ Audi v intervalu 8 týdnů. (3 směnný provoz)

#### časové ztráty při obrábění čepu



Obr. 7.5 Časové ztráty při obrábění čepu (19)

Nářadí, seřízení :  $t_{B11}, t_{B12}, t_{Ax}$

Poruchy :  $T_{E2}$

Přeseřízení :  $t_{B11}, t_{B12}$

Čištění :  $t_{C11}$

Dokumentace :  $t_{B11}$

Není materiál :  $t_{C3}$

## 7.1 Výpočet časové ztráty při výměně opotřebované VBD

Tab. 7.1 VBD Seco DNMG150612 – MF2 TP1000

Obrobené kusy	Břit	$t_{Ax}$ [min]
200	1.břit	1,32
400	2.břit	1,34
600	3.břit	1,51
800	4.břit	1,87
1000	1.břit	1,12
1200	2.břit	1,96
(1 směna)	$\Sigma t_{Ax}$	<b>9,12</b>

Tab. 7.2 VBD Seco DNMG150612 – MF2 TP2500

Obrobené kusy	Břit	$t_{Ax}$ [min]
300	1.břit	1,84
600	2.břit	1,38
900	3.břit	1,20
1200	4.břit	1,59
(1 směna)	$\Sigma t_{Ax}$	<b>6,01</b>

**Ušetřený čas za:** **1 směnu : 3 minuty = 10 ks čepů**


**3 směny : 9 minut = 30 ks čepů**

**Ušetřený počet 1 VBD za:** **2 směny**

Čas cyklu : 17 [s]

Postup výměny (otočení) VBD

- zastavení stroje
- odstranění bezpečnostního krytu
- povolení VBD
- vyjmutí VBD
- očištění dosedací plochy na držáku destičky
- ustavení nové VBD
- zajištění bezpečnostního krytu
- spuštění stroje


 $t_{Ax}$ 

Bylo zaznamenáno zvýšení produkce v rozmezí 26 - 30 kusů čepů za 3 směny. Tento počet není nijak závratný, ovšem v podmínkách automobilového průmyslu se jedná o nezanedbatelnou položku.

Tab. 7.3 Cenová relace testovaných destiček (25)

Výrobce	Typ destičky	Cena [kč]
Seco	DNMG150612 – MF2 TP1000	222
Seco	DNMG150612 – MF2 TP2500	222
Sandvik Coromant	DNMG150612 – MF 4215	194
Iscar	DNMG150612-PF IC9015	155
Walter	DNMG150608-NM4 WPP10	250

Jak ukazuje tab. 7.3, je cena původní destičky totožná s navrženou břitovou destičkou. Značný rozdíl nabízí firma Iscar, která ovšem neprokázala potřebnou způsobilost k našemu obráběcímu procesu.

## ZÁVĚR

Úvodem této práce bylo zdokumentování současného stavu obrábění na kulovém čepu SBJ Audi B8. Zkoumání mechanických vlastností polotovaru, chemického rozboru vzorků, rozvržení přídavek na obrábění, trvanlivosti břitových destiček, opotřebení břitových destiček, utváření třísky a řezných podmínek položilo základy k dalšímu vývoji zefektivnění tohoto obráběcího procesu.

Na stroji se obrábí dva typy čepů (Audi, Ducato). Lze konstatovat, že stroj způsobuje při přehazování z jednoho dílu na druhý problémy, které se projevují značnými časovými ztrátami.

Původní myšlenka, která spočívala v testování různých typů VBD, znamenala řešení daného problému z tohoto úhlu pohledu. Navržením nové VBD bylo zaznamenáno snížení vedlejšího času, který hraje v technologiích automobilového průmyslu významnou roli, a odstranění prvotní “ neshodné součásti “ která se pravidelně vyskytovala u původní VBD. První kus u původní VBD nedokázal dodržet správnost rozměrů. Veškeré tyto výsledky jsou pro firmu TRW DAS a.s. jednoznačným přínosem.

Jako úvaha do budoucnosti byla navržena varianta, která je založena na změně CNC programu. Z časových důvodů ze strany TRW ji nebylo možné uskutečnit. Varianta se teoreticky jeví jako zajímavé řešení, které bylo po technologické stránce projednáno s technologem firmy TRW a stala se předmětem dalšího možného technologického vývoje. Výhody této změny by se teoreticky mohly projevit snížením cyklového času. Praktické zavedení do výroby by mohlo odstranit problém špatného utváření třísky (zanechání třísky na čepu).

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. ATEAM. *Rozdělení a značení ocelí*. [online]. c2005, [cit. 2008-01-12]. Dostupné z: <<http://www.ateam.ic.cz/folie.pdf>>.
2. BÁNKI DONÁT. Banki.hu - BMF *Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar*. [online]. c2007, [cit. 2007-10-11]. Dostupné z: <[http://www.banki.hu/~aat/oktatas/gepesz/anyagtudomany2/diagram/m\\_7035\\_7039\\_41Cr4\\_41CrS4.pdf](http://www.banki.hu/~aat/oktatas/gepesz/anyagtudomany2/diagram/m_7035_7039_41Cr4_41CrS4.pdf)>.
3. BOHDAN BOLZANO s.r.o. *Přehled vlastností oceli 41CrS4*. [online]. c1997, [cit. 2008-01-03]. Dostupné z: <[http://www.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/techprir/tycovaocel/EN10083/Prehled\\_vlast\\_41Cr4/](http://www.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/techprir/tycovaocel/EN10083/Prehled_vlast_41Cr4/)>.
4. DOBEŠ, Miloslav. *DNMG150608-NM4 WPP10* [e-mail]. 20. února 2008 15:18; [cit. 2008-02-20].
5. FOREJT, M., HUMÁR, A., PÍŠKA, M., JANÍČEK, L. *Experimentální metody*. [online]. c2003, [cit. 2007-10-24]. Dostupné z: <[http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory/Exp\\_metody\\_he2.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory/Exp_metody_he2.pdf)>.
6. GARANT. *Hoffmann Group – struktura značek – GARANT*. [online]. Dostupné z: <<http://www.hoffmann-group.com/download/cz/zerspanungshandbuch/cz-zerspanungshandbuch.pdf>>.
7. Garay, I. *Mechnika tvoření třísky*. [online]. c2008, [cit. 2008-02-16]. Dostupné z: <<http://home.zcu.cz/~garay/hsc.html>>.
8. HOZA, J. *Výběr tabulek pro potřebu výroby*. 1994. CNN 10-0-I/III-1977.
9. HUMÁR, A. *Materiály pro řezné nástroje*. Studijní opory. VUT-FSI v Brně, Ústav strojírenské technologie, Obor technologie obrábění. 2007, [online]. [cit. 2008-03-10]. Dostupné z: <[http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory/mat\\_pro\\_rez\\_nastroje/materialy\\_pro\\_rezne\\_nastroje\\_v2.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory/mat_pro_rez_nastroje/materialy_pro_rezne_nastroje_v2.pdf)>.
10. ISCAR ČR s.r.o. *Iscar Catalog : DNMG-PF – 5599670*. [online]. [cit. 2008-11-21]. Dostupné z: <<http://www.iscar.com/Ecat/item.asp?GFSTYP=M&fnum=1438&tool=I&mapp=IS&cat=5599670&lang=EN&search=Y>>.
11. ISCAR ČR s.r.o. *Iscar Catalog : Grade – IC9015*. [online]. [cit. 2008-11-21]. Dostupné z: <<http://www.iscar.com/Ecat/greades.asp/grade/IC9015/GFSTYP/M/lang/EN/app//mapp/IS>>.



12. JANOÚŠEK, V. Kdo maže, ten jede. *MM – průmyslové spektrum*, MM 2007/7. s. 36. ISSN 1212-2472.
13. *Jednoúčelový speciální stroj k soustružení*. TOS KUŘIM, 2006. 143 s.
14. KOČMAN, K. *Speciální technologie obrábění*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2004. ISBN 80-214-2562-8. Kapitola 2, Pří-  
davky na obrábění, s. 21-27.
15. KOČMAN, K., PROKOP, J. *Technologie obrábění*. Brno: Akademické na-  
kladatelství CERM, s.r.o., 2001. ISBN 80-214-1996-2.
16. *Katalog a technický průvodce-soustružení 2006 SECO*. 2005. PA Group  
KarlStad. 528 s.
17. NORMY.BIZ. *Seznam platných technických norem*. [online]. c1997,  
[cit.2007-09-18]. Dostupné z: <[http://nahledy.normy.biz/redir.php?  
address=http://www.cni.cz](http://nahledy.normy.biz/redir.php?address=http://www.cni.cz)>.
18. NOVÁK, Z. Technika a prostředky chlazení při obrábění.  
*MM – průmyslové spektrum*, 2007. s. 50. ISSN 1212-2472.
19. *OEE - využitelnost stroje*. Dačice: TRW DAS. 2007.
20. Ortman, T. *Břítová destička*. [e-mail]. 13. února 2008.
21. PROKOP, J. *Technologická příprava výroby: přednáška*. Brno.  
Odpřednášeno dne 10.11 2007.
22. SANDVIK COROMANT. *Sandvik Coromant Online Produkt Catalogue*.  
[online]. [cit. 2008-02-01]. Dostupné z: <[http://coroguide.coromant.  
sandvik.com](http://coroguide.coromant.sandvik.com)>.
23. SECO TOOLS CZ, s.r.o. *Seco Tools* [online]. [cit. 2008-02-14]. Dos-  
tupné z: <http://www.secotools.com/template/start.asp?id=9392>.
24. SULZER METCO. *Sulzer Metco - Plasma Combination Treatment - IONIT  
OX® Process*. [online]. c2008, [cit. 2008-03-25]. Dostupné z:  
<[http://www.sulzermetco.com/desktopdefault.aspx/tabid-1940//  
3106\\_read-4902/](http://www.sulzermetco.com/desktopdefault.aspx/tabid-1940//3106_read-4902/)>.
25. TCM. *Ceny destiček*. [e-mail]. 20. března 2008 14.22; [cit. 2008-03-20].
26. TRW AUTOMOTIVE. *TRW Automotive CZ*. [online]. [cit. 2008-02-26].  
Dostupné z: <[http://www.trwauto.cz/02\\_0102\\_historie.html](http://www.trwauto.cz/02_0102_historie.html)>.

27. TRW AUTOMOTIVE. *TRW Automotive CZ*. [online]. [cit. 2008-02-26].  
Dostupné z: <[http://www.trwauto.cz/02\\_index.html](http://www.trwauto.cz/02_index.html)>.
28. WALTER AG. *ISO\_Platten\_T\_D.pdf*. [online]. c2007, [cit. 2008-01-12].  
Dostupné z: <[http://ww2.walter-ag.de/Produktkatalog\\_Daten/Info\\_Seiten/en/ISO\\_Platten\\_T\\_d.pdf](http://ww2.walter-ag.de/Produktkatalog_Daten/Info_Seiten/en/ISO_Platten_T_d.pdf)>.
29. WALTER AG. *Schnittdaten\_T\_d.pdf*. [online]. c2006, [cit. 2008-01-12].  
Dostupné z: <[http://ww2.walter-ag.de/Produktkatalog\\_Daten/Info\\_Seiten/en/Schnittdaten\\_T\\_d.pdf](http://ww2.walter-ag.de/Produktkatalog_Daten/Info_Seiten/en/Schnittdaten_T_d.pdf)>.
30. WALTER AG. *Schneidstoffe\_T\_d.pdf*. [online]. c2007, [cit. 2008-01-12].  
Dostupné z: <[http://ww2.walter-ag.de/Produktkatalog\\_Daten/Info\\_Seiten/en/Schneidstoffe\\_T\\_d.pdf](http://ww2.walter-ag.de/Produktkatalog_Daten/Info_Seiten/en/Schneidstoffe_T_d.pdf)>.
31. ZEMAN, Petr. *TP2500*. [e-mail]. 25. ledna 2008 11.35; [cit. 2008-01-25].
32. ZEMAN, Petr. *TP1000*. [e-mail]. 17. října 2007 23.21; [cit. 2007-11-17].
33. ZEMČÍK, Oskar. *Technologická příprava výroby*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2002. ISBN 80-214-2219-X.
34. ZUGAR, P. Nástroje pro frézování. *MM – průmyslové spektrum*, 2002. s. 64. ISSN 1212-2472.
35. *Z historie obrábění 1, 2, 3, 4*. [online]. [cit. 2008-02-26].  
Dostupné z: <[http://www.tosvarnsdorf.cz/Str/Cz/SecG/Tos\\_vzp12.html](http://www.tosvarnsdorf.cz/Str/Cz/SecG/Tos_vzp12.html)>.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
A	[%]	Tažnost
C	[mm]	Maximální hodnota trvalé deformace
CNC	[-]	Computer Numeric Control
CVD	[-]	Chemical Vapour Deposition
E	[mm]	Maximální součtová chyba ustavení obrobku v dané operaci
F <sub>P</sub>	[N]	Pasivní síla
HRC	[kp.mm <sup>-2</sup> ]	Stupně Rockwella (jednotka tvrdosti)
HV	[kp.mm <sup>-2</sup> ]	Stupně Vickerse (jednotka tvrdosti)
KV	[J]	Nárazová práce
MTCVD	[-]	Mid Temperature Chemical Vapour Deposition
P	[mm]	Jmenovitá hodnota operačního přídavku
PCBN	[-]	Kubický nitrid boru
PCD	[-]	Polykrystalický diamant
PVD	[-]	Physical Vapour Deposition
R	[mm]	Maximální výška nerovností obráběné plochy z předchozí operace
Re	[MPa]	Mez kluzu
Rm	[MPa]	Mez pevnosti
SBJ	[-]	Suspension Ball Joint
T	[mm]	Maximální hloubka rozrušené vrstvy materiálu z předchozí operace
T <sub>0</sub>	[°C]	Teplota okolí
T <sub>D</sub>	[min]	Časová ztráta osobní
T <sub>D1</sub>	[min]	Časová ztráta osobní zaviněná
T <sub>D2</sub>	[min]	Časová ztráta osobní nezaviněná
T <sub>E</sub>	[min]	Časová ztráta technicko organizační
T <sub>E1</sub>	[min]	Časová ztráta technicko organizační (více práce)
T <sub>E2</sub>	[min]	Časová ztráta technicko organizační (čekání)
T <sub>F</sub>	[min]	Časová ztráta vyšší mocí
TiC	[-]	Karbid titanu
TiCN	[-]	Karbonitrid titanu
TiN	[-]	Nitrid titanu
VB	[mm]	Opotřebení hřbetu
Z	[%]	Kontrakce
a	[-]	Rozměrový koeficient
a <sub>P</sub>	[mm]	Šířka záběru ostří
b	[-]	Rozměrový koeficient
d	[mm]	Průměr obrobku
f	[mm]	Posuv
k	[-]	Koeficient překrytí chyb
l	[mm]	Délka obrobku
l <sub>k</sub>	[mm]	Redukovaná délka obrobku

$m$	$[-]$	Koeficient
$t_a$	$[\text{min}]$	Čas jednotkový
$t_{a1}$	$[\text{min}]$	Čas jednotkové práce
$t_{A11}$	$[\text{min}]$	Čas jednotkové práce za klidu stroje
$t_{a12}$	$[\text{min}]$	Čas jednotkové práce za chodu stroje
$t_{a13}$	$[\text{min}]$	Čas jednotkové práce strojně ruční
$t_{a2}$	$[\text{min}]$	Čas jednotkový obecně nutných přestávek
$t_{a201}$	$[\text{min}]$	Čas jednotkový obecně nutných přestávek
$t_{a211}$	$[\text{min}]$	Čas jednotkový obecně nutných přestávek za klidu (není automatický chod)
$t_{a221}$	$[\text{min}]$	Čas jednotkový obecně nutných přestávek za klidu (je automatický chod)
$t_{a3}$	$[\text{min}]$	Čas jednotkový podmín. nutných přestávek
$t_{a31}$	$[\text{min}]$	Čas jednotkový podmíněčně nutných přestávek za klidu stroje
$t_{a32}$	$[\text{min}]$	Čas jednotkový podmíněčně nutných přestávek za chodu stroje
$t_{as}$	$[\text{min}]$	Čas jednotkový strojní
$t_{ax}$	$[\text{min}]$	Čas jednotkové práce nepravid. obsluhy
$t_B$	$[\text{min}]$	Čas dávkový
$t_{B1}$	$[\text{min}]$	Čas dávkové práce
$t_{B11}$	$[\text{min}]$	Čas dávkové práce za klidu stroje
$t_{B12}$	$[\text{min}]$	Čas dávkové práce za chodu stroje
$t_{B2}$	$[\text{min}]$	Čas dávkový obecně nutných přestávek
$t_{B201}$	$[\text{min}]$	Čas dávkový obecně nutných přestávek
$t_{B211}$	$[\text{min}]$	Čas jednotkový obecně nutných přestávek za klidu (není automatický chod)
$t_{B221}$	$[\text{min}]$	Čas jednotkový obecně nutných přestávek za klidu (je automatický chod)
$t_{B3}$	$[\text{min}]$	Čas dávkový podmíněčně nutných přestávek
$t_{B31}$	$[\text{min}]$	Čas dávkový podmíněčně nutných přestávek za klidu stroje
$t_{B32}$	$[\text{min}]$	Čas dávkový podmíněčně nutných přestávek za chodu stroje
$t_C$	$[\text{min}]$	Čas směnový
$t_{C1}$	$[\text{min}]$	Čas směnové práce
$t_{C11}$	$[\text{min}]$	Čas směnové práce za klidu stroje
$t_{C12}$	$[\text{min}]$	Čas směnové práce za chodu stroje
$t_{C2}$	$[\text{min}]$	Čas směnový obecně nutných přestávek
$t_{C201}$	$[\text{min}]$	Čas směnový obecně nutných přestávek
$t_{C3}$	$[\text{min}]$	Čas směnový podmín. nutných přestávek
$t_{C31}$	$[\text{min}]$	Čas dávkový podmíněčně nutných přestávek za klidu stroje
$t_{C32}$	$[\text{min}]$	Čas směnový podmíněčně nutných přestávek za chodu stroje
$V_C$	$[\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$	Řezná rychlost
$\epsilon_R$	$[\circ]$	Nástrojový úhel špičky

**SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1	CNC program
Příloha 2	Výkres polotovaru
Příloha 3	Výkres hotové součásti